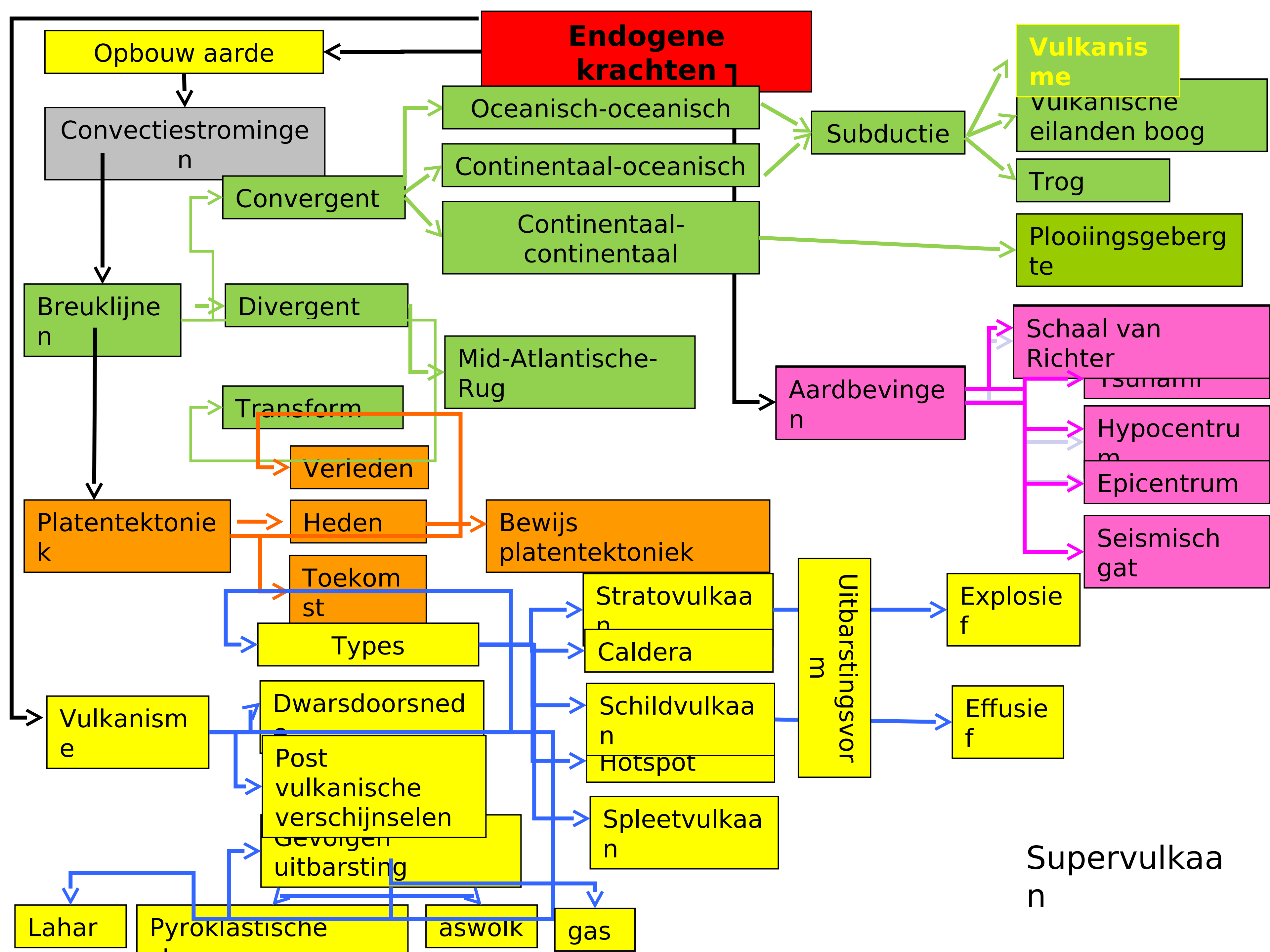
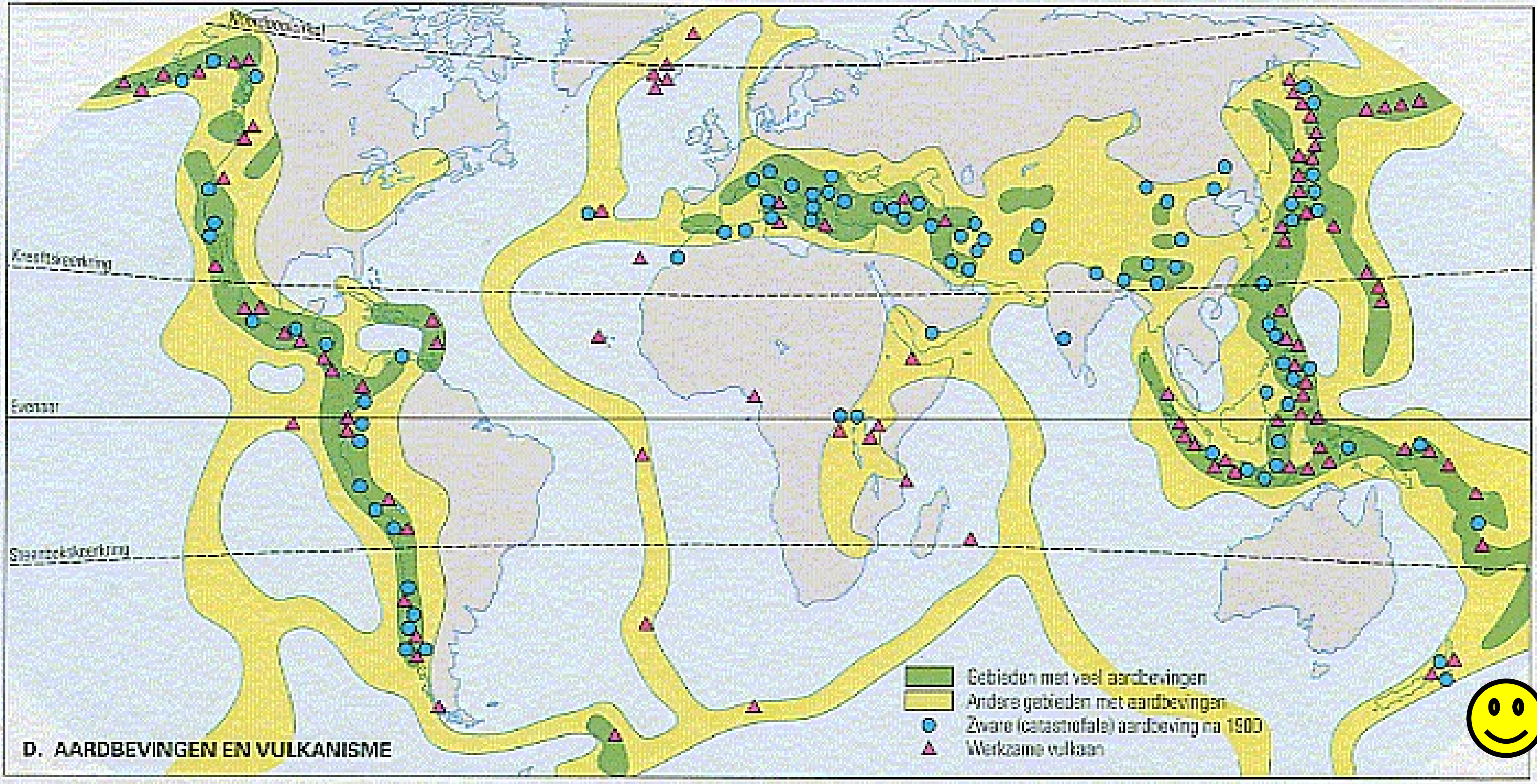

Endogene krachten
Opbouw aarde
Convectiestromingen
Convergent
Divergent
Transform
Breuklijnen
Oceanisch-oceanisch
Continentaal-oceanisch
Continentaal-continentaal
Mid-Atlantische-Rug
Subductie
Vulkanisme
Vulkanische eilanden boog
Trog
Plooiingsgebergte
Aardbevingen
Schaal van Richter
Tsunami
Hypocentrum
Epicentrum
Seismisch gat
Platentektoniek
Verleden
Heden
Toekomst
Bewijs platentektoniek
Types
Stratovulkaan
Caldera
Schildvulkaan
Hotspot
Spleetvulkaan
Uitbarstingsvorm
Explosief
Effusief
Vulkanisme
Dwarsdoorsnede
Post vulkanische verschijnselen
Gevolgen uitbarsting
Lahar
Pyroklastische stroom
aswolk
gas
Supervulkaan

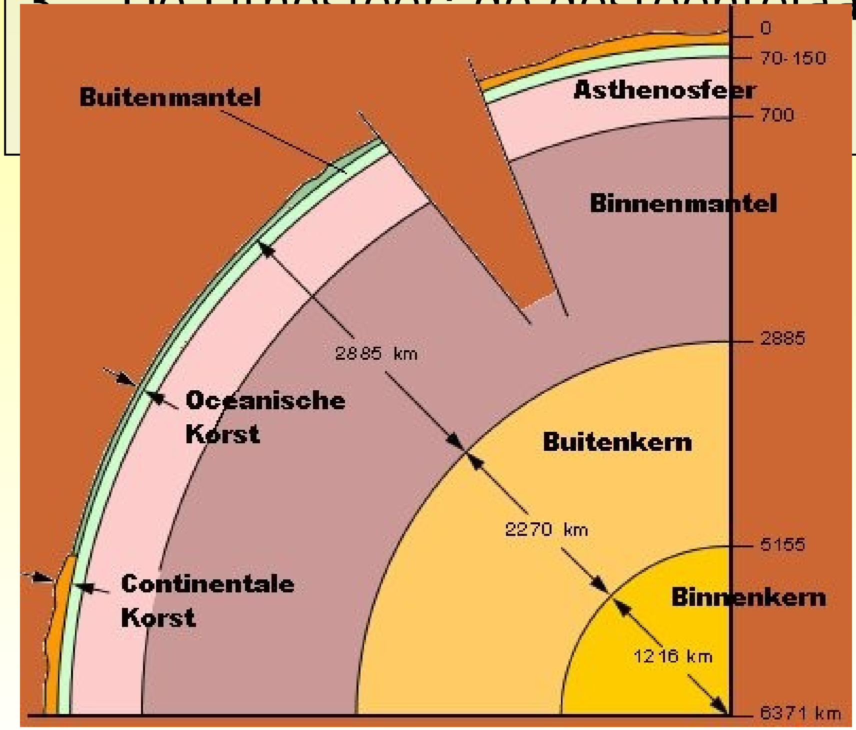
Endogene krachten

Werken in en vanuit aardkorst zoals bij aardbevingen en vulkanisme; onderdeel van intern systeem, het geheel van natuurlijke processen in de aardkorst.

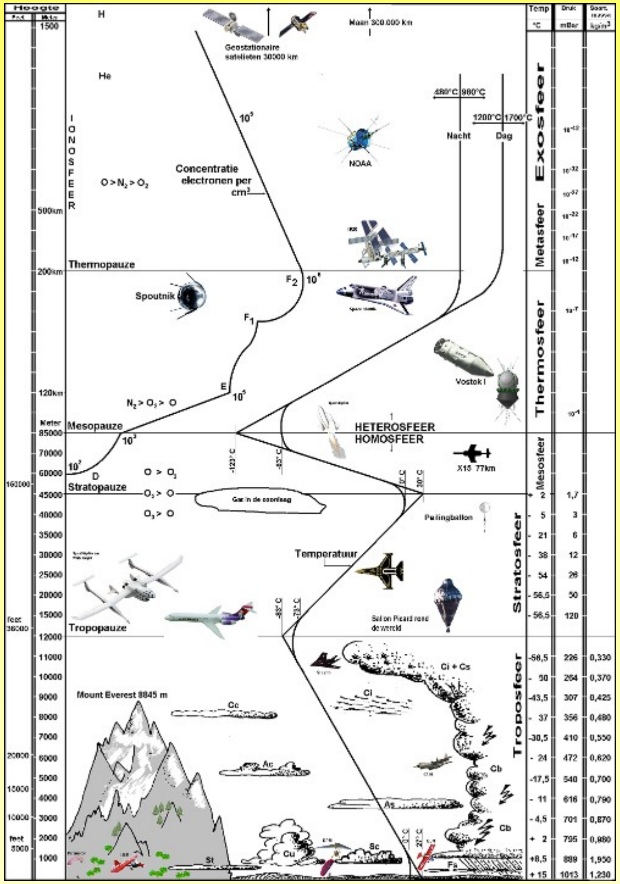


De aarde bestaat uit 3 zichtbare lagen, zogenaamde sferen:

1. De atmosfeer; de dampkring, bestaande uit gassen. Voornaamste gassen zijn Stikstof (78%) en Zuurstof (21%)
2. De Hydrosfeer; de waterlaag, bestaande uit zoutwater (97%) en zoetwater (3%)
3. De Lithosfeer; de gesteentelaag,

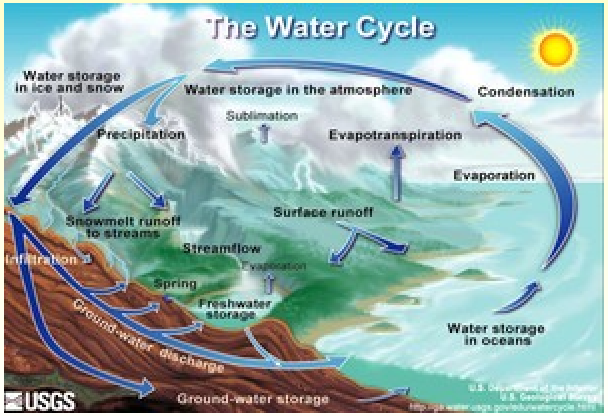


Atmosfeer →



← Lithosfeer

Hydrosfeer →



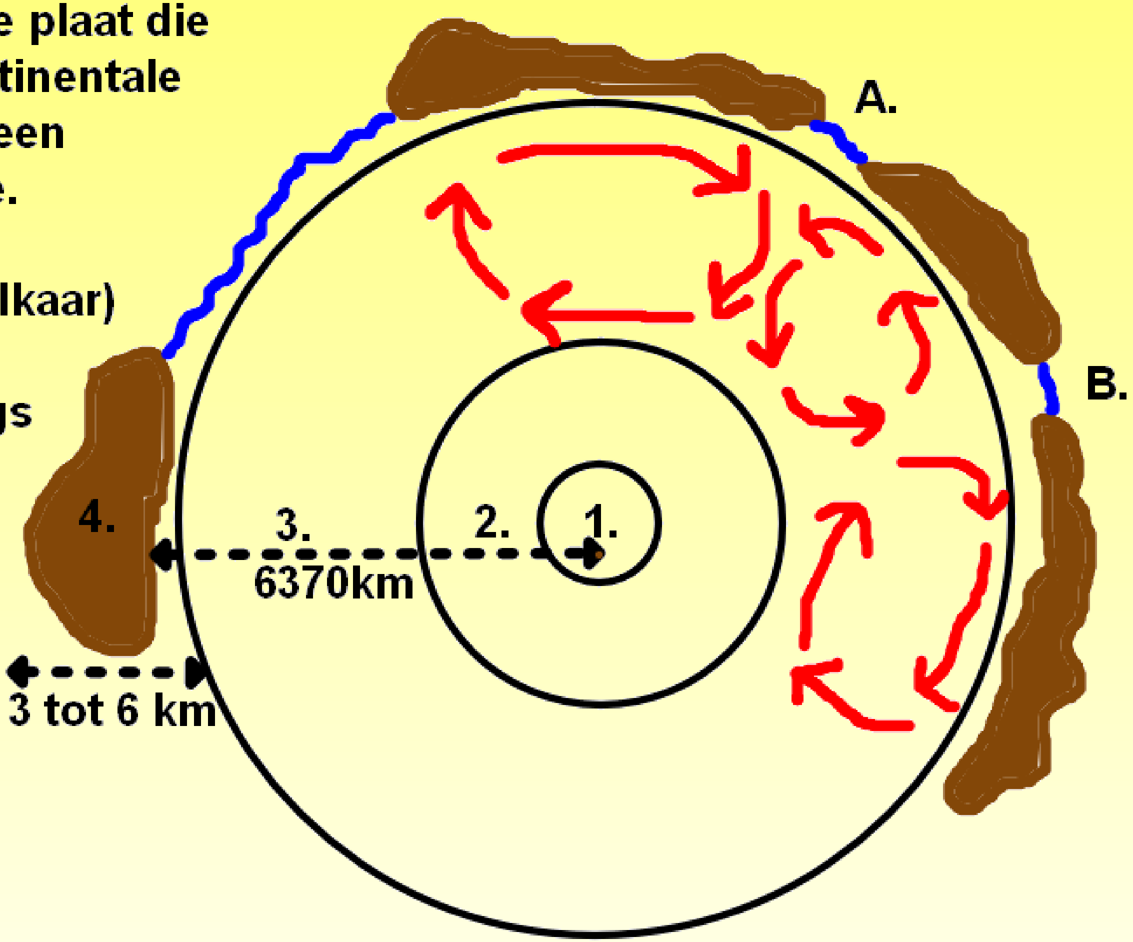
Convectiestromingen zorgen voor continentendrift. Hierdoor ontstaan breuklijnen die op drie manieren kunnen verschuiven.

A. Convergent (naar elkaar toe)

- Subductie een continentale plaat botst met een oceanische plaat er ontstaat vulkanism
- Een continentale plaat die botst met een continentale plaat. Er ontstaat een plooiingsgebergte.

B. Divergent (uit elkaar)

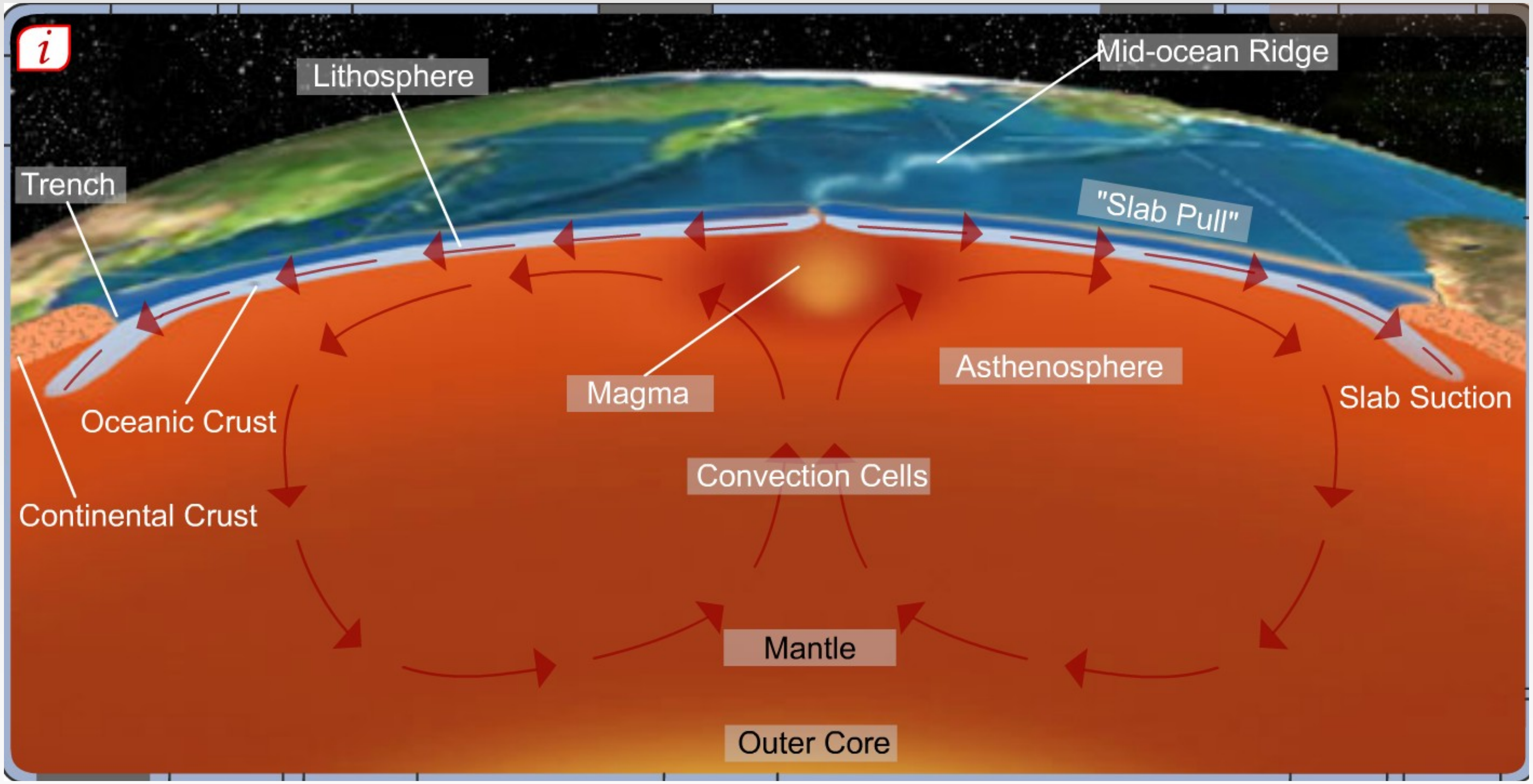
C. Transform (langs elkaar)

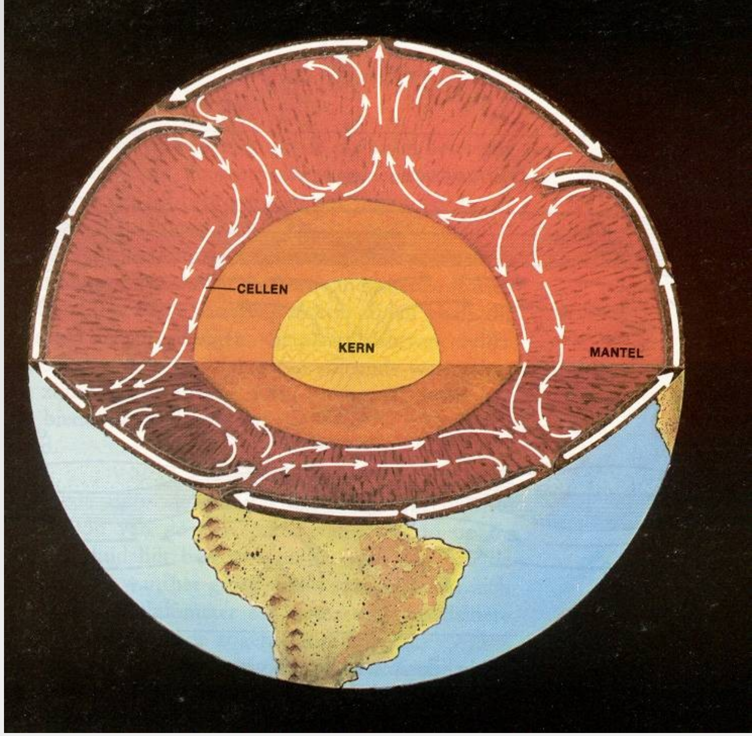


1. Kern	Nikkel/IJzer	Vast
2. Binnenmantel	Gesmolten gesteente	Stroperig
3. Buitenmantel	Gesmolten gesteente	Vloeibaar
4. Aardkorst	Gestold gesteente	Vast

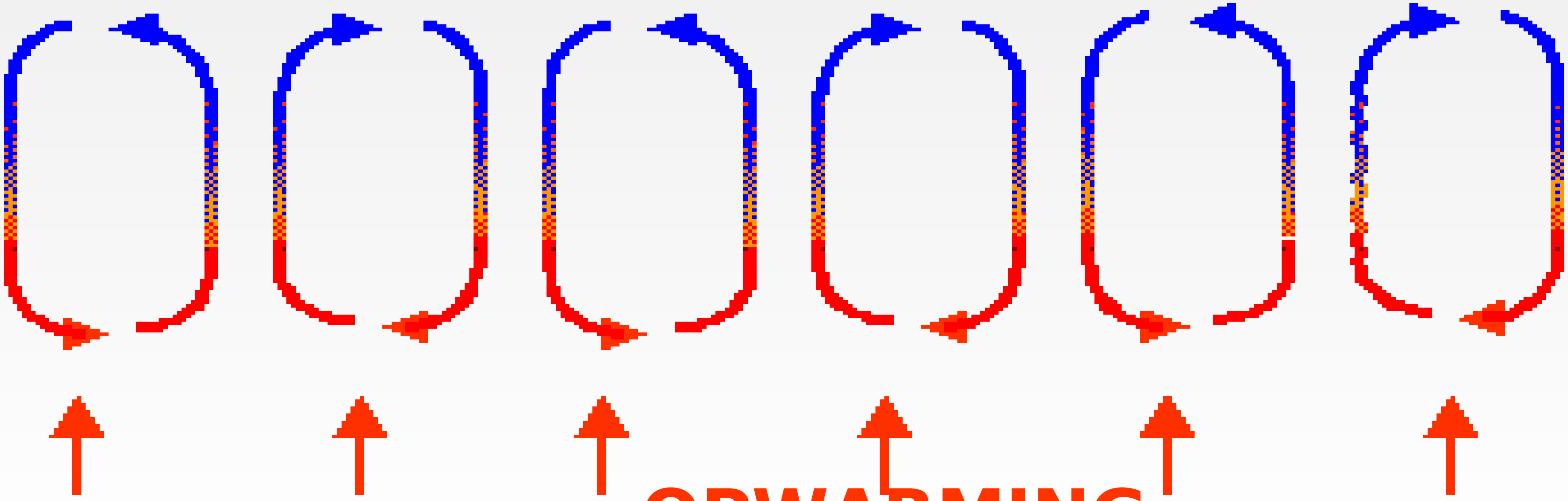
Convectiestromen

- Stromingen in de vloeibare buitenmantel scheuren de dunne aardkorst in stukken (platen of schollen)



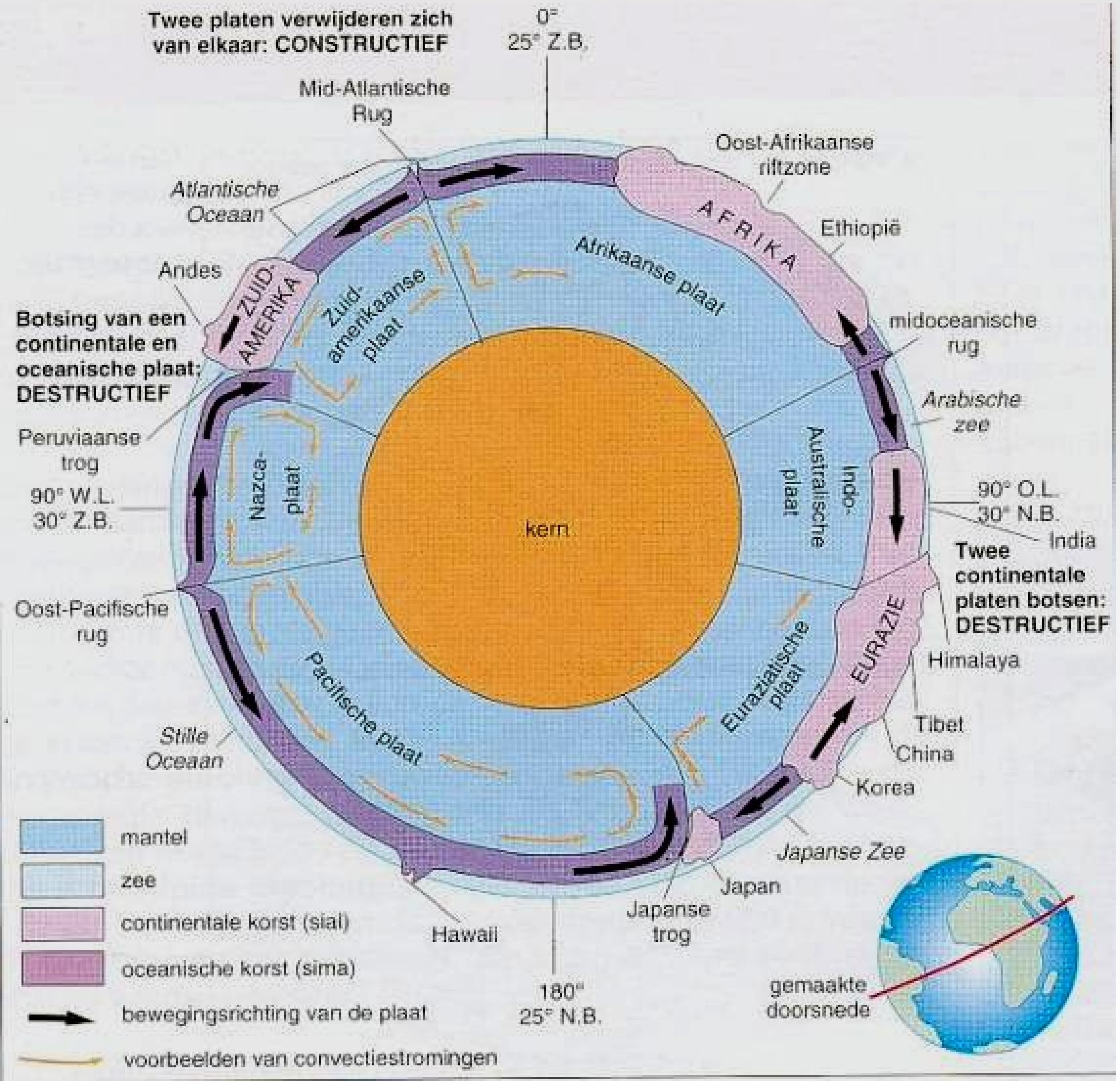


AFKOELING



OPWARMING

In deze doorsnede is aangegeven dat de verschillende continentale platen zich ten opzichte van elkaar bewegen. Deze bewegingen worden veroorzaakt door de convectiestromen.



De aardplaten bewegen in principe op 4 manieren ten opzichte van elkaar:

1. Uit elkaar
2. Tegen elkaar
3. Over elkaar
4. Langs elkaar.

Gevolgen van deze bewegingen zijn:

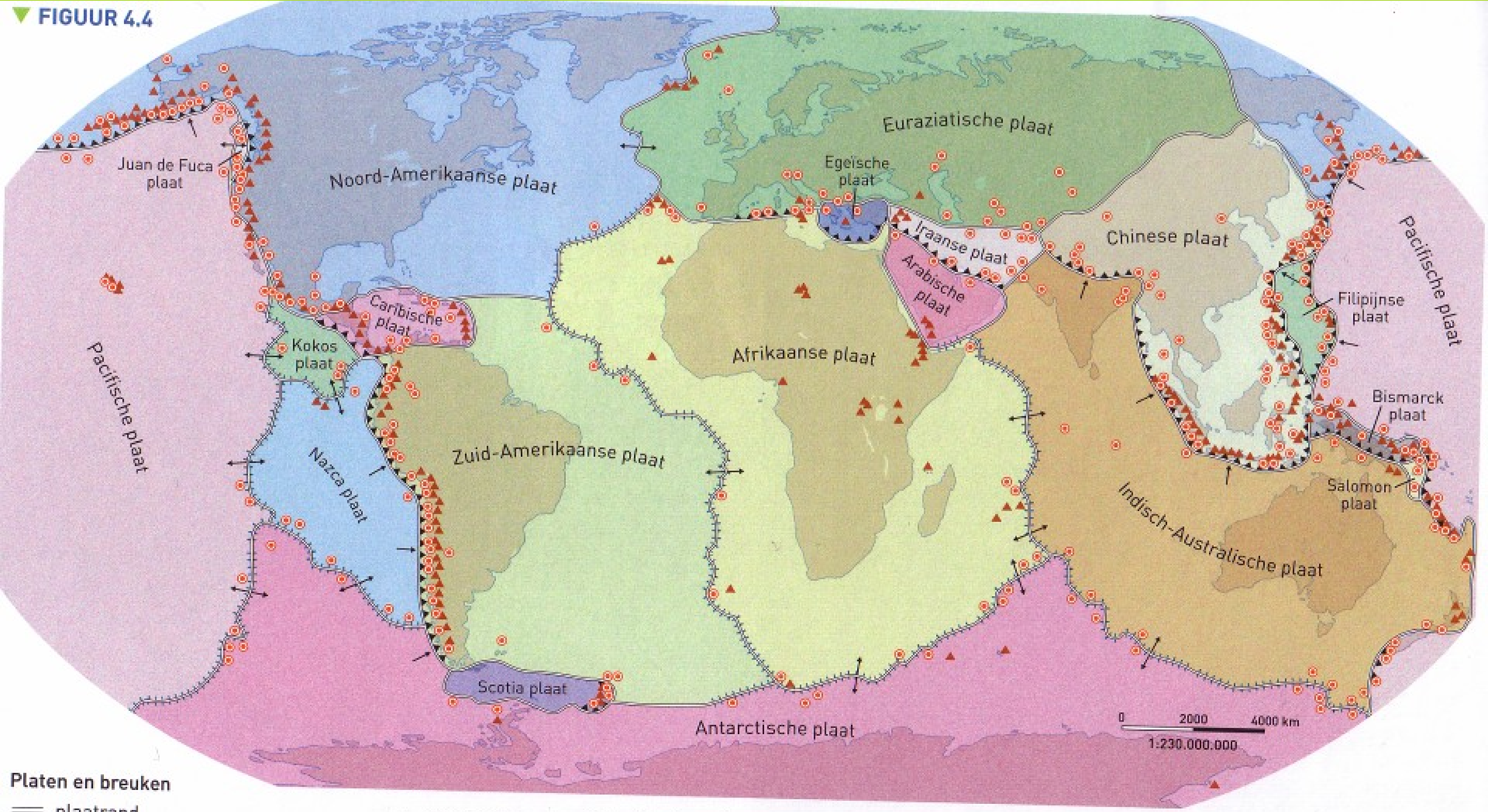
Gebergtevorming

Vulkanisme

Aardbevingen

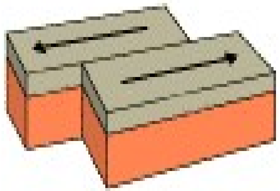
Breuklijnen

FIGUUR 4.4



Platen en breuken

- plaatrand
- richting van de plaatbeweging
- onder elkaar wegduikende platen (subductie)
- uit elkaar drijvende platen (midoceanische ruggen)
- vulkaan
- aardbeving



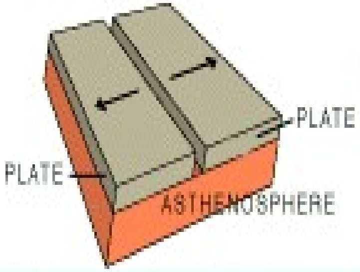
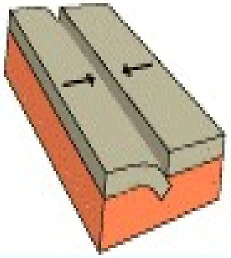
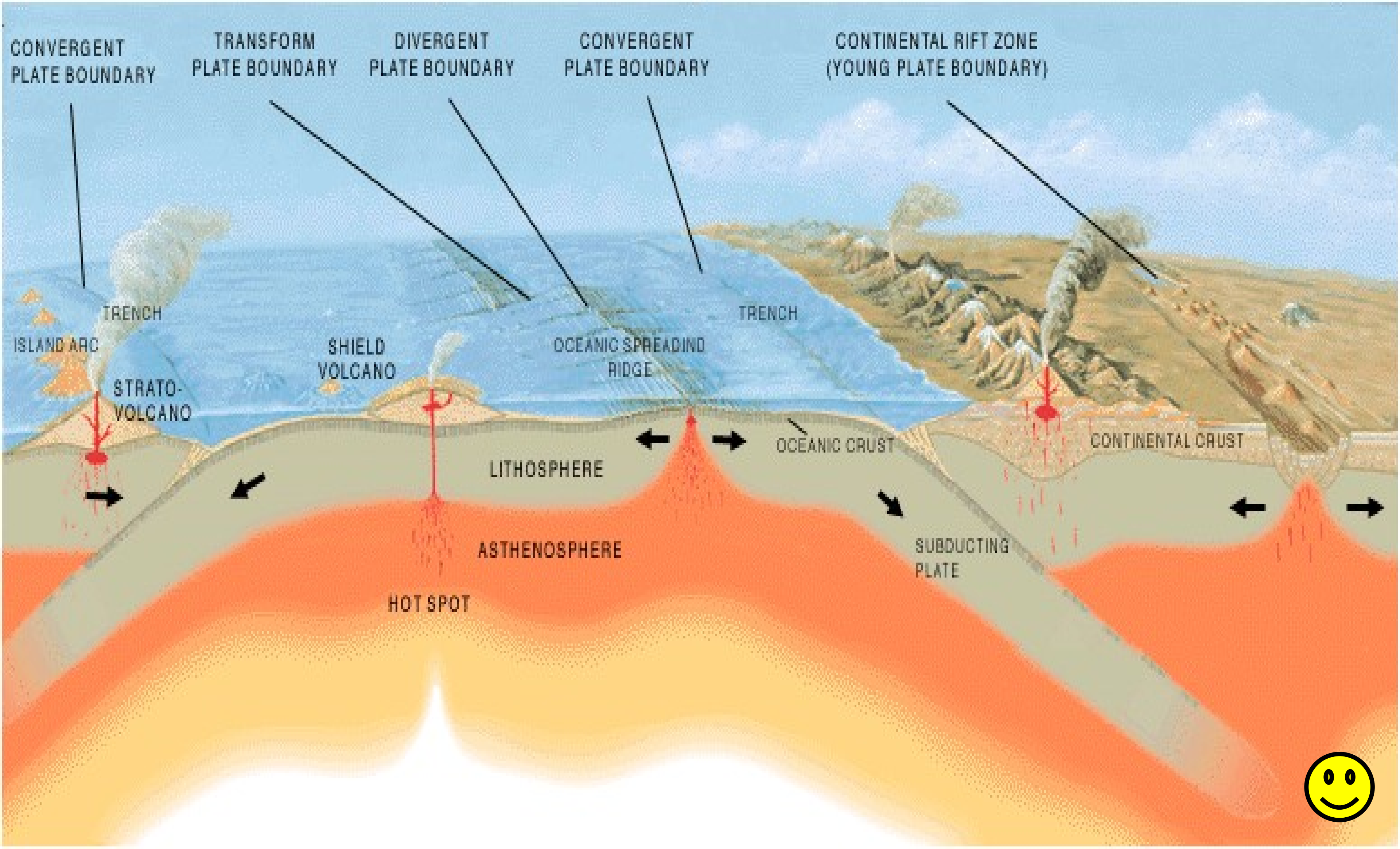
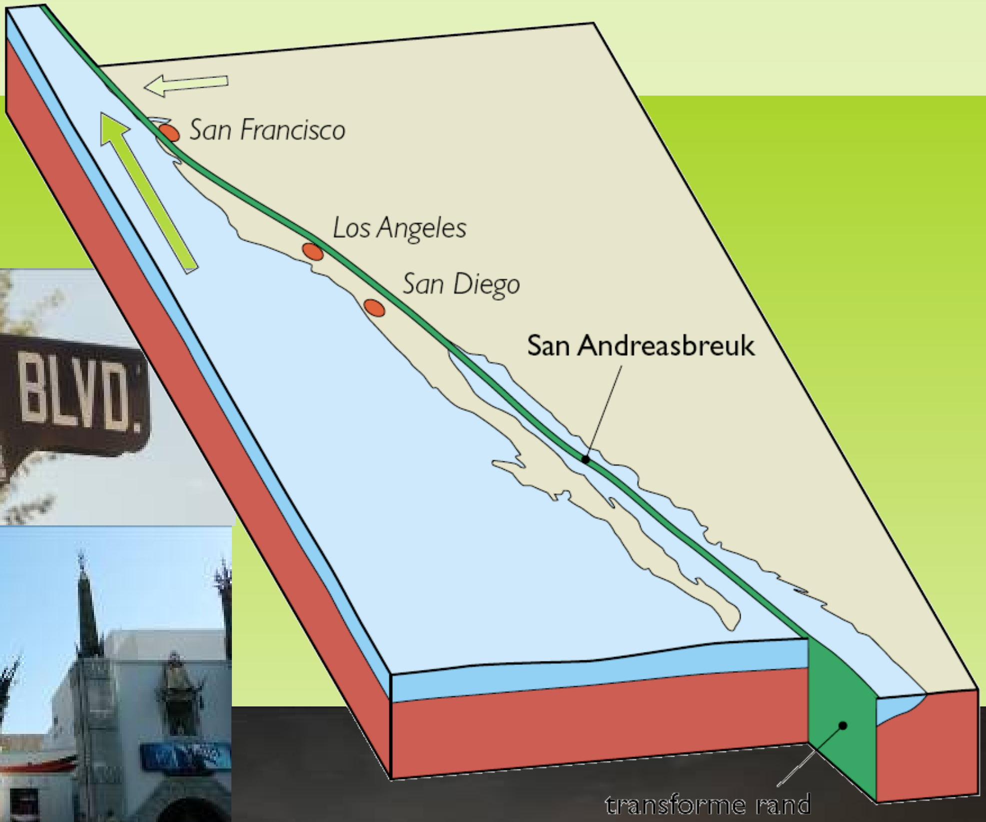


PLATE
PLATE
ASTHENOSPHERE




CONVERGENT PLATE BOUNDARY
TRANSFORM PLATE BOUNDARY
DIVERGENT PLATE BOUNDARY
CONVERGENT PLATE BOUNDARY
CONTINENTAL RIFT ZONE (YOUNG PLATE BOUNDARY)
TRENCH
ISLAND ARC
STRATO-VOLCANO
SHIELD VOLCANO
OCEANIC SPREADIND RIDGE
TRENCH
OCEANIC CRUST
CONTINENTAL CRUST
LITHOSPHERE
ASTHENOSPHERE
HOT SPOT
SUBDUCTING PLATE

1. San Andreas breuk → Transforme breuk. Over ca. 100.000 jaar liggen Los Angeles en San Fransisco naast elkaar!



Convergent

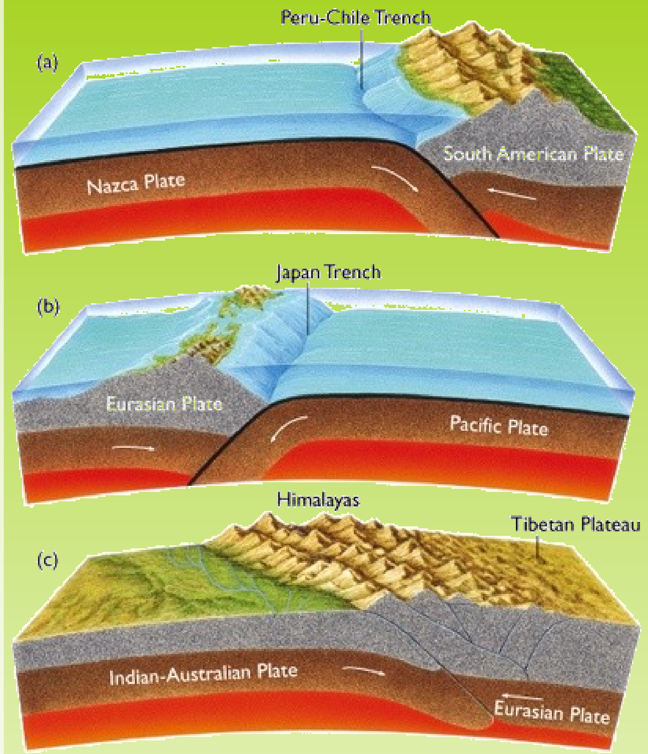
Aardplaten bewegen naar elkaar toe en botsen op den duur. Dit botsen kan tussen:

-Een oceanische plaat en een continentale plaat gevolg: subductie en explosief vulkanisme

-Twee continentale platen die met elkaar botsen gevolg: ontstaan plooiingsgebergte

-Oceanische plaat botst tegen oceanische plaat. De oudste heeft een hogere dichtheid is hierdoor zwaarder en duikt onder de jongere, gevolg: ontstaan van trog en eilandenboog van vulkanen. Zware aardbevingen.

-Beide botsingen hebben andere



Subductie

- **Subductie** komt alleen voor bij **convergente** breuklijnen.

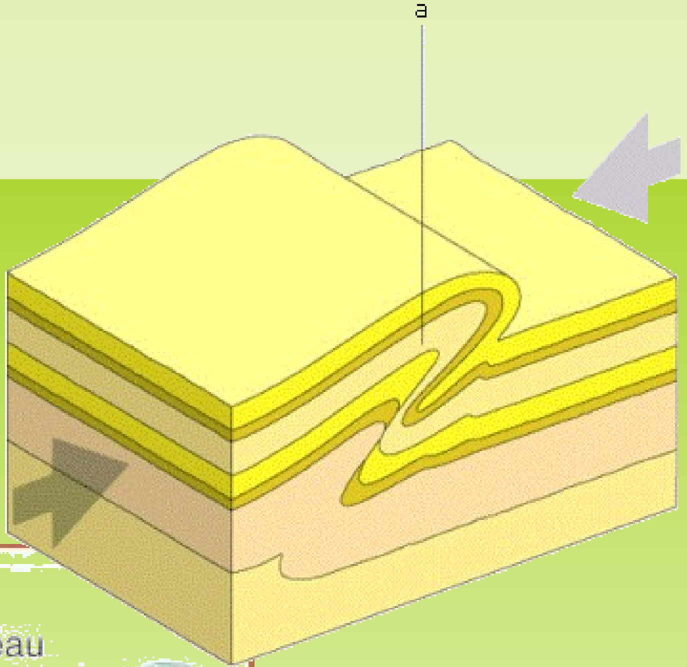
- Hier schuift de jongere zwaardere **oceanische plaat** onder de lichtere oudere **continentale** plaat (dit noemen we **subductie).** De oceanische plaat is **zwaarder** doordat deze uit **basalt** bestaat. Een continentale plaat **lichter** is en omdat deze uit **graniet** bestaat.

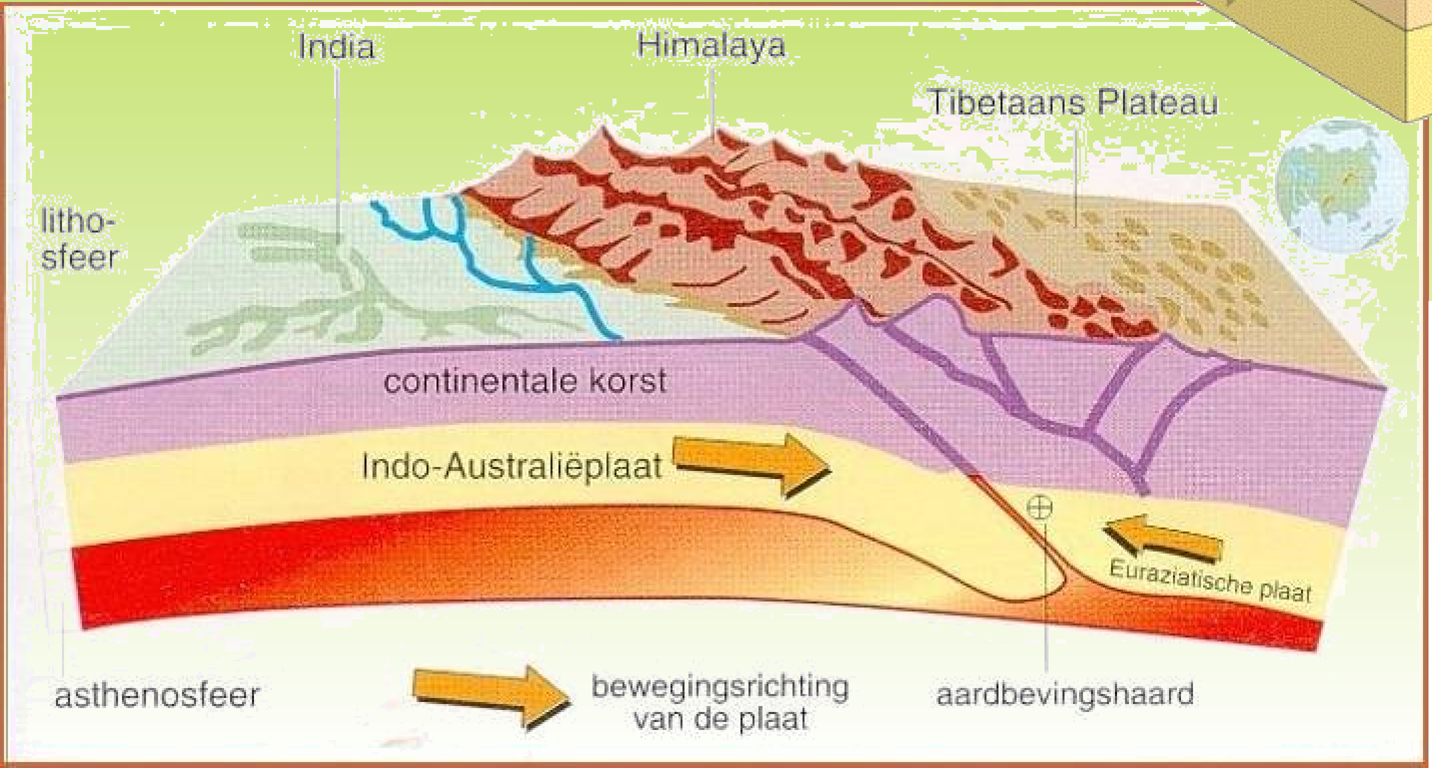
- De subducerende korst zal schuin wegduiken in de aardmantel waardoor de oceanische plaat zal **smelten**

- Dit gesmolten gesteente gaat omhoog als gevolg van hitte uit de aardkern en doordat er water en gassen mee komen.

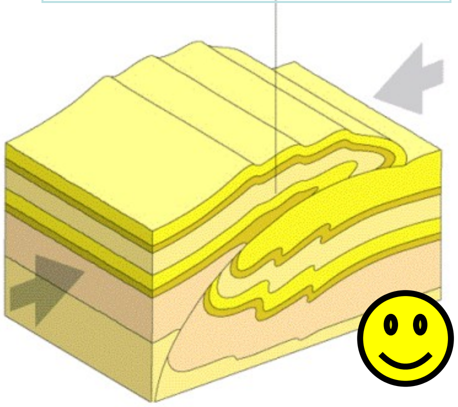
- **Dit vloeibare magma** zal aan het aardoppervlak zorgen voor **vulkanisme**.

Convergent ontstaan van plooiingsgebergte: continentale plaat botst tegen een andere continentale plaat. Hierdoor ontstaat een plooiingsgebergte.

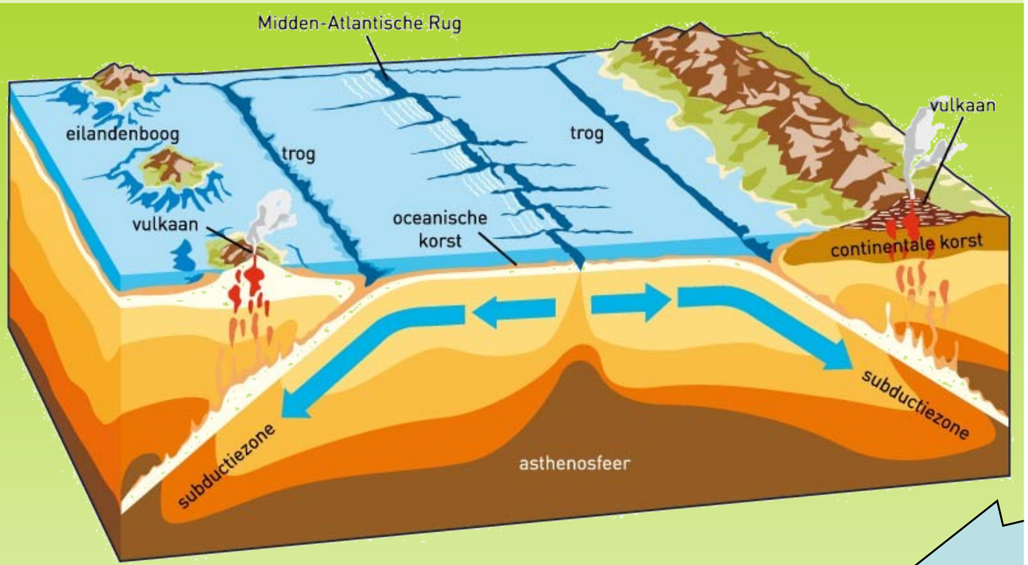


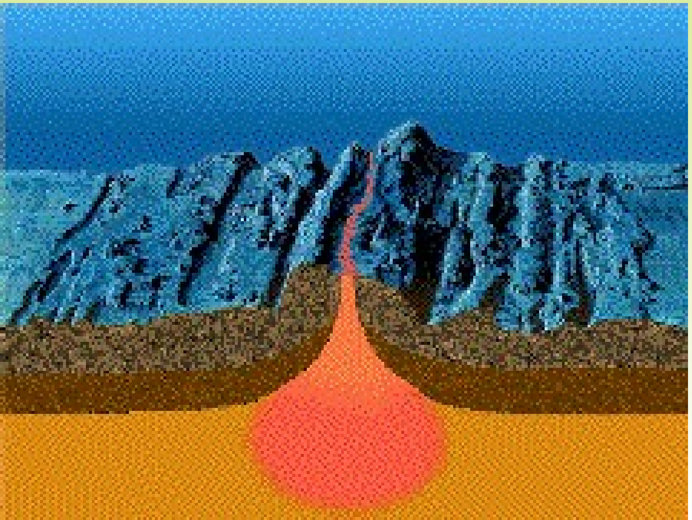


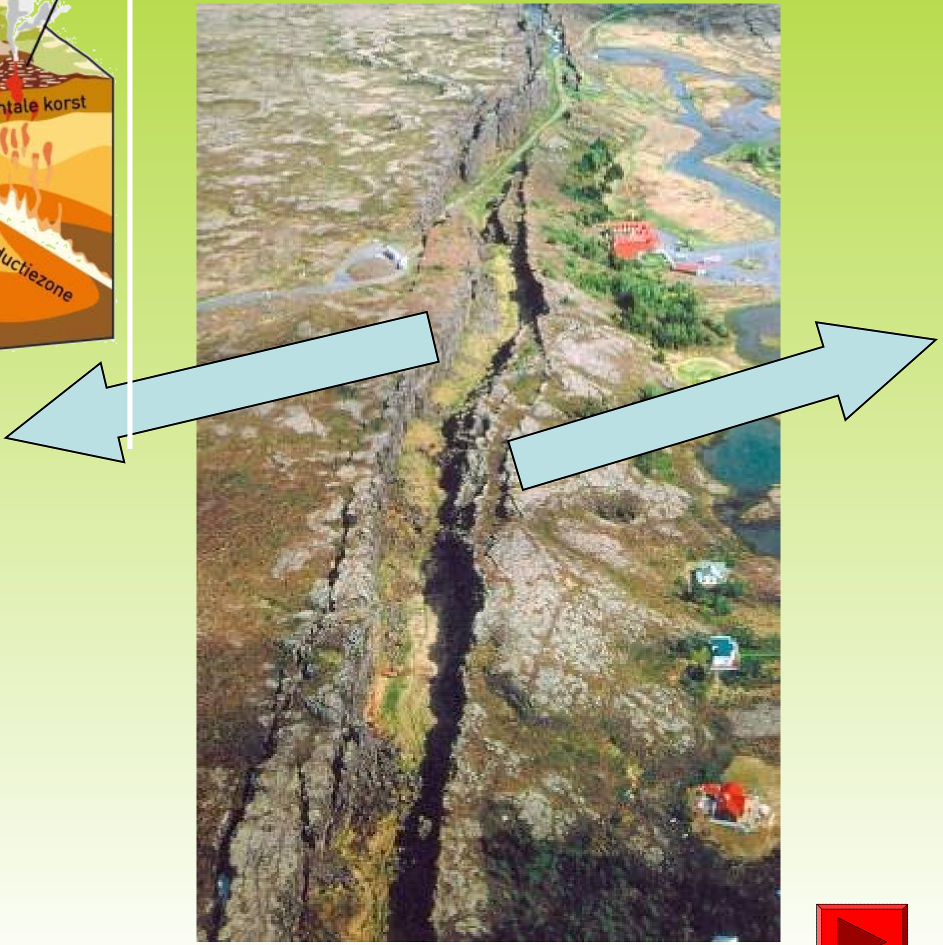
Bij teveel druk schuiven ze over elkaar.



3. Divergent. Platen bewegen van elkaar af. Vanuit het binnenste van de aarde word de leeg komende ruimte opgevuld met magma. Er ontstaat een gebergte



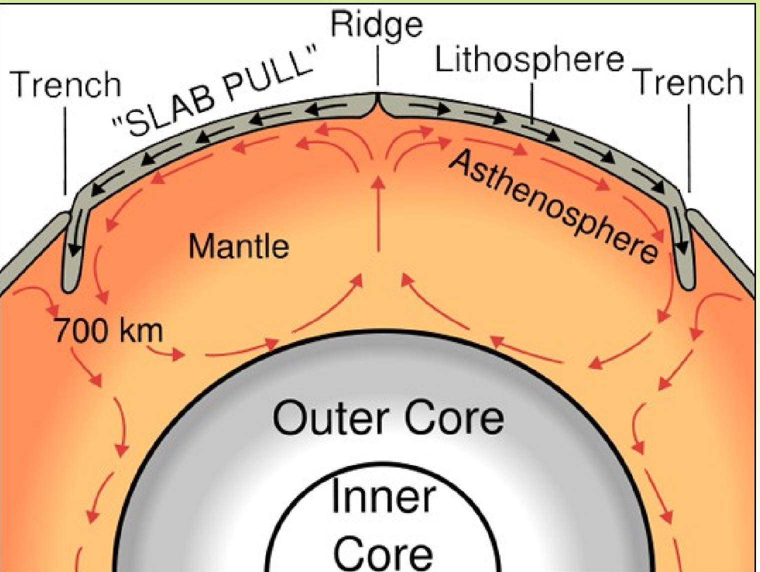


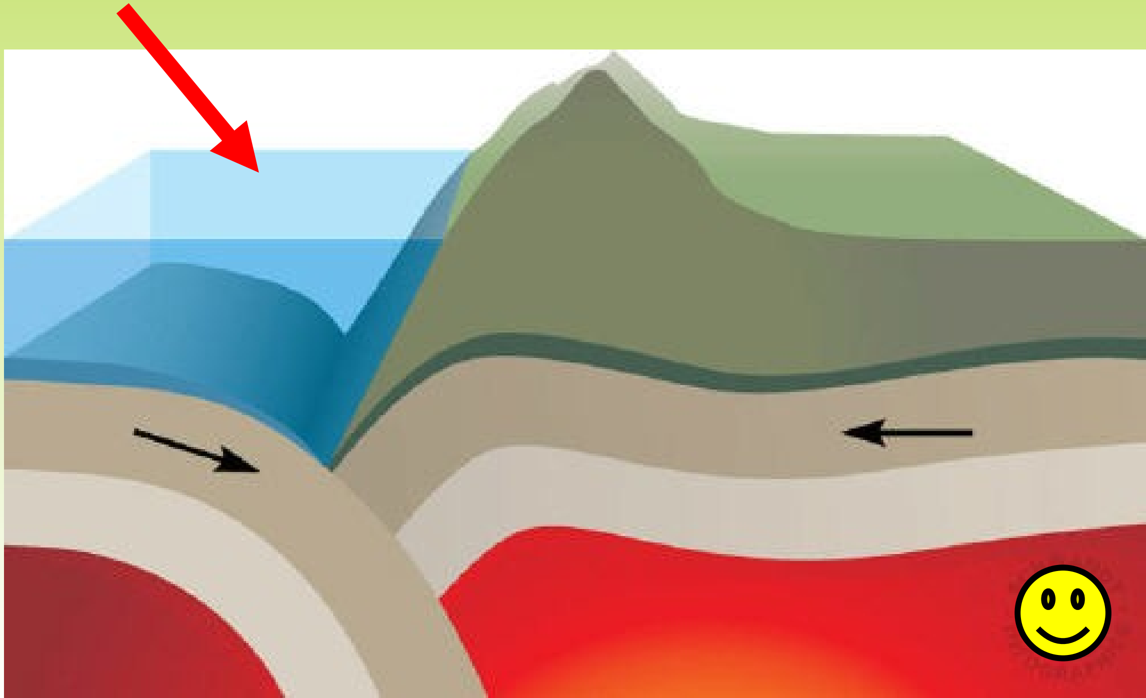


Trog

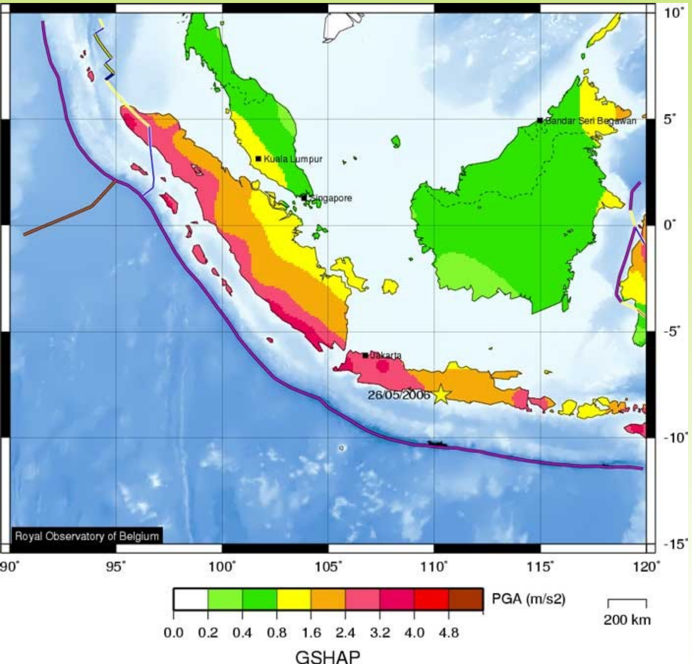
Diepzeetrog duizenden meters diepe kloof waar oceanische plaat wegzakt

De aardkorst van continenten is het lichtst, het belangrijkste gesteente van de korst is graniet.
-De korst van de oceaanbodem is zwaarder, die korst bestaat voornamelijk uit basalt.





Vulkanische eilandenboog



Gebergtevorming

Manieren waarop gebergte kan ontstaan:

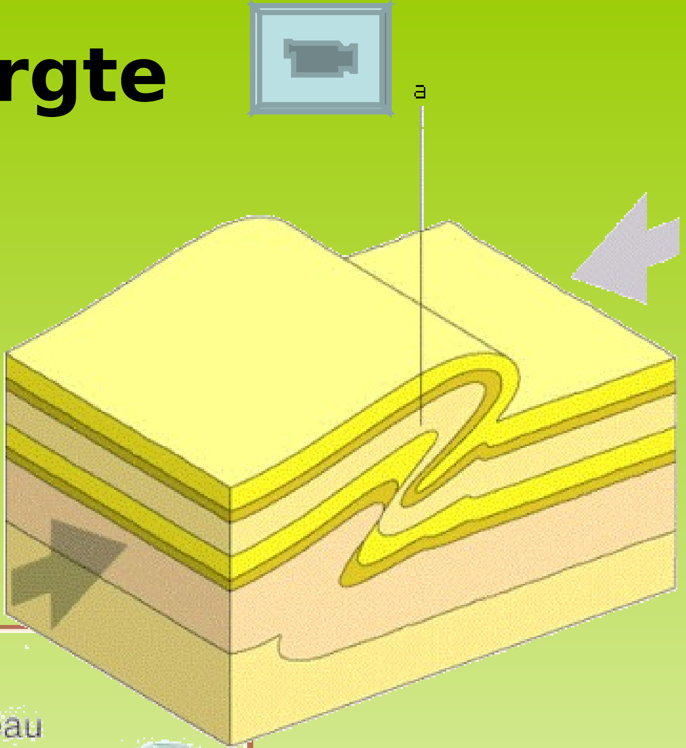
Plooiingsgebergte

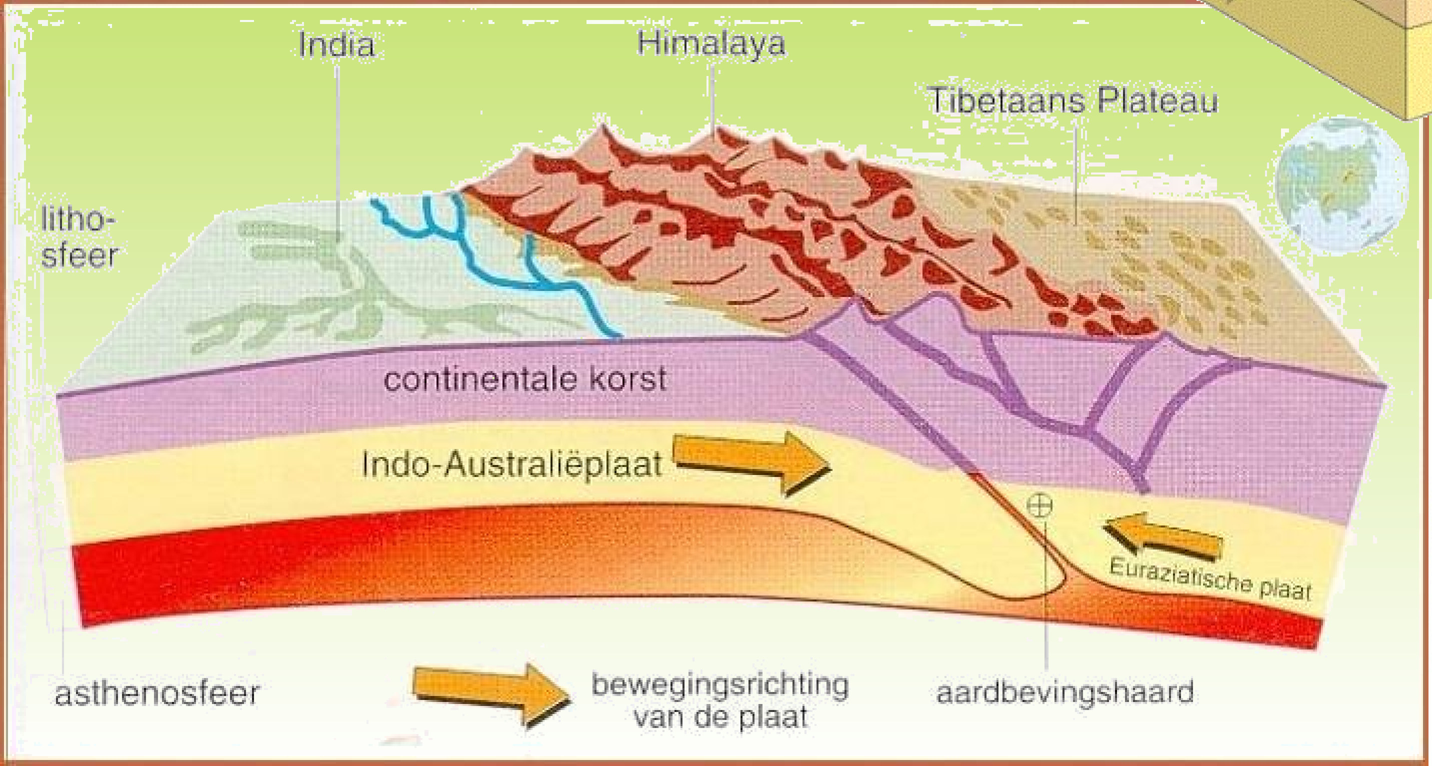
Breukgebergten :Op en Af schuivingen/horsten en slenken

Vulkanisme

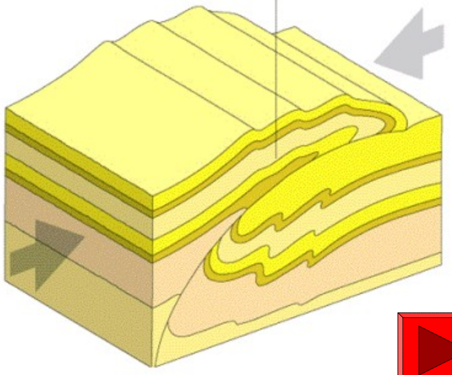
Plooiingsgebergte

Continentale plaat botst tegen een andere continentale plaat. Hierdoor ontstaat een plooiingsgebergte. Bestaan voornamelijk langs plaatgrenzen



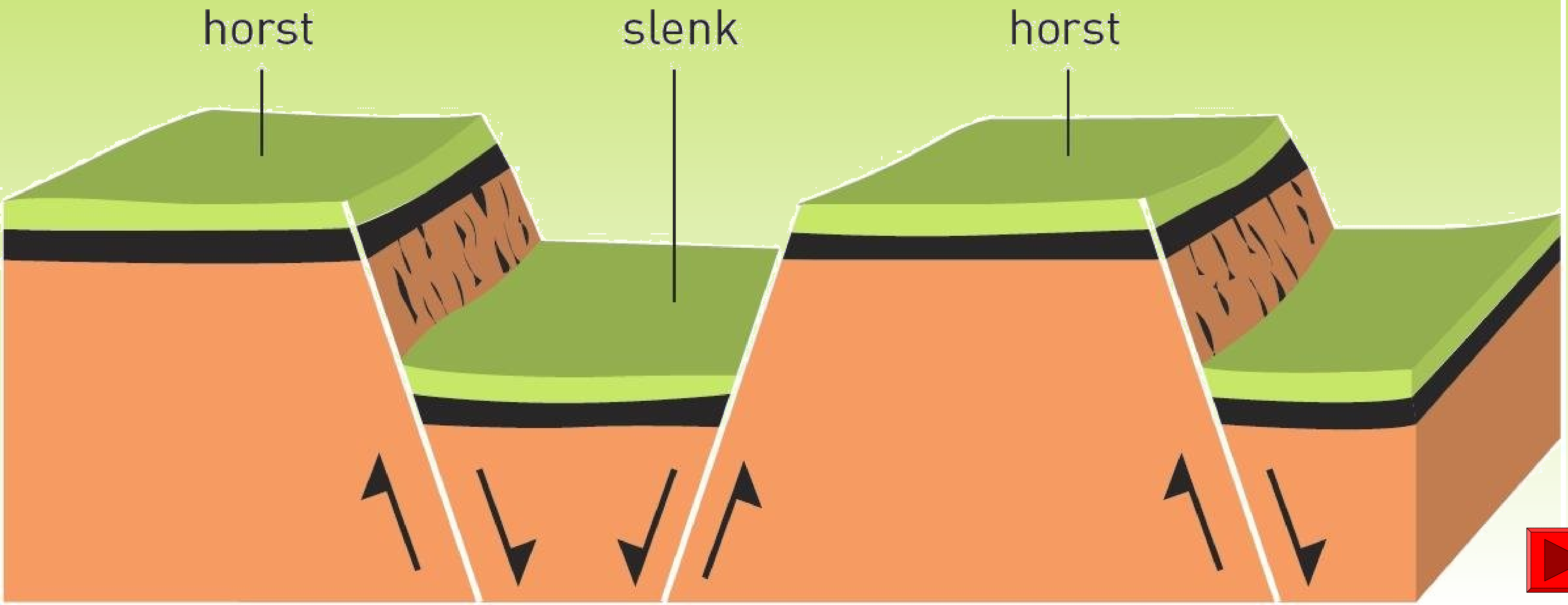


Bij teveel druk schuiven ze over elkaar.



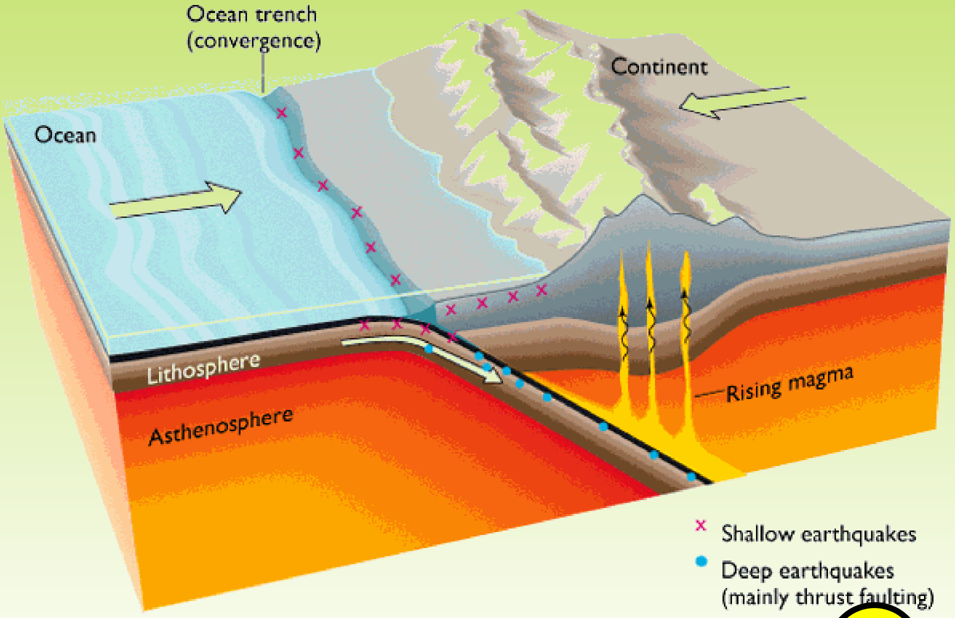
Breukgebergten: Op- en Afschuivingen/ Horsten en Slenken

Bij verzakking of opheffing van de aardkorst ontstaan langs de breuken horsten en slenken. Horst is het deel dat omhoog is gekomen. Slenk is het deel dan omlaag is geschoven.

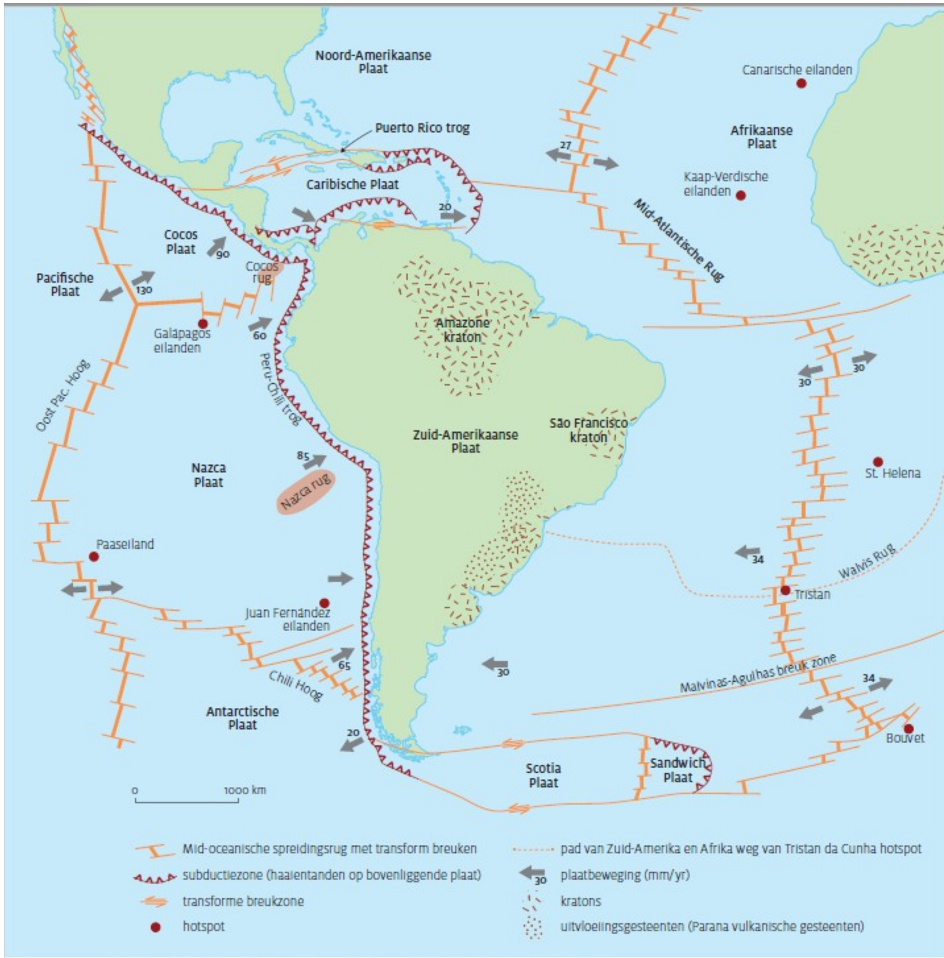


Vulkanisch gebergte

Zwaardere oceanische plaat schuift altijd onder een continentale plaat. Door endogene krachten smelt gesteente en zoekt een weg naar het aardoppervlak toe. Hierdoor ontstaan aan het oppervlakte vulkanen.



- In de Andes zijn er rond de 100 vulkanen. Voor 30 daarvan geldt op dit moment een waarschuwingsniveau.
- Toch valt het aantal slachtoffers door vulkaangeweld in de Andes erg mee, omdat het vulkanisme hier maar beperkt explosief is in vergelijking met andere subductiezones.
- De meeste vulkanen in Zuid-Amerika worden namelijk gevoed door magma met een relatief beperkt gehalte silicium (daardoor is het vloeibaarder)
- Ook liggen de meeste vulkanen op enige afstand van bewoonde gebieden.

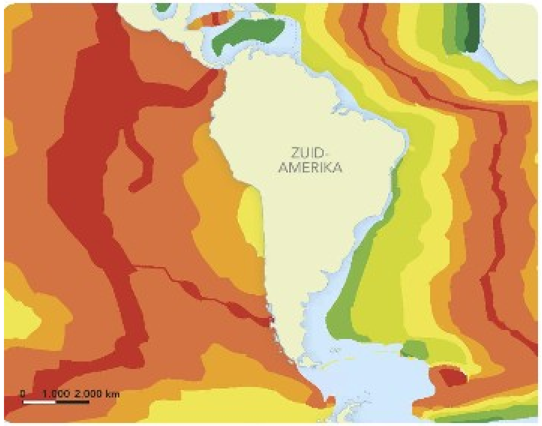


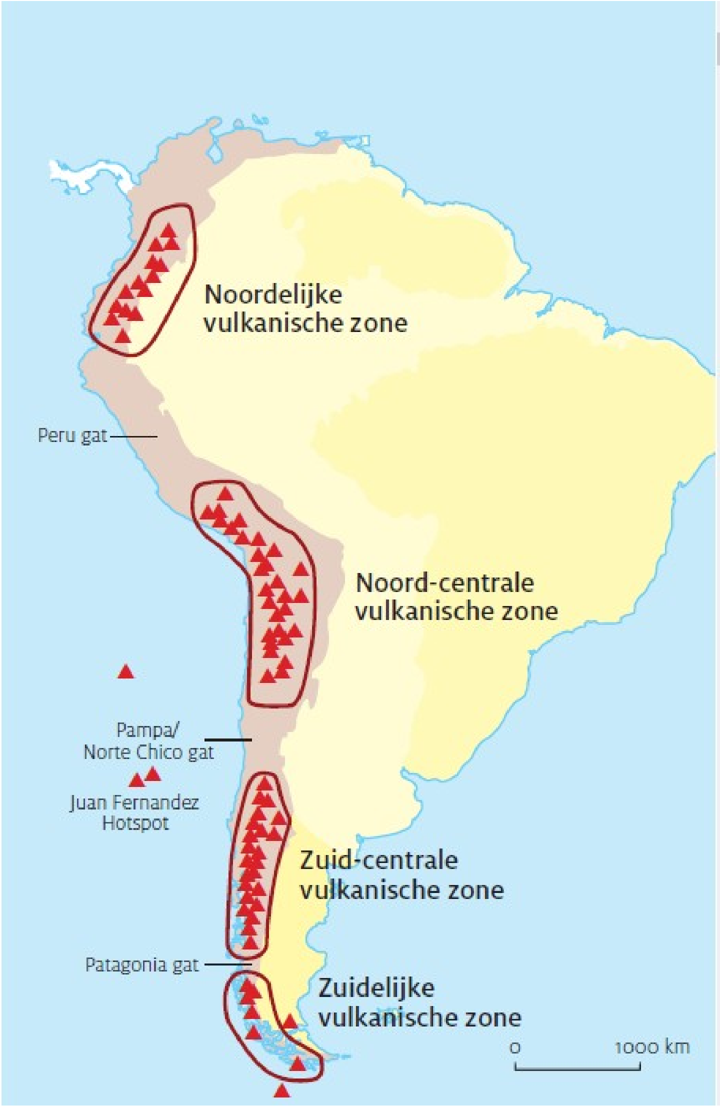
Figuur 2.2 De Zuid-Amerikaanse Plaat met omringende Platen (Bron: Veblen et al. 2007)

Argentinië. We bekijken hieronder, tegen de klok in en van oost naar zuid, de actieve plaatranden in meer detail.

1: Westzijde

- 1: de actieve marge aan de westzijde: de subductiezone waar de oceanische korst van vooral de Nazca-plaat onder de continentale korst van Zuid-Amerika verdwijnt. Dat levert de Andes op, met aardbevingen en vulkanisme. Die komen niet over de gehele lengte van de contactzone tussen beide platen evenveel voor. Dat heeft te maken met verschillen in ouderdom en daarmee dichtheid van de plaat die onderduikt





3 redenen vulcanic gap

1. Bij gap vlakke (te ondiepe) subductie.

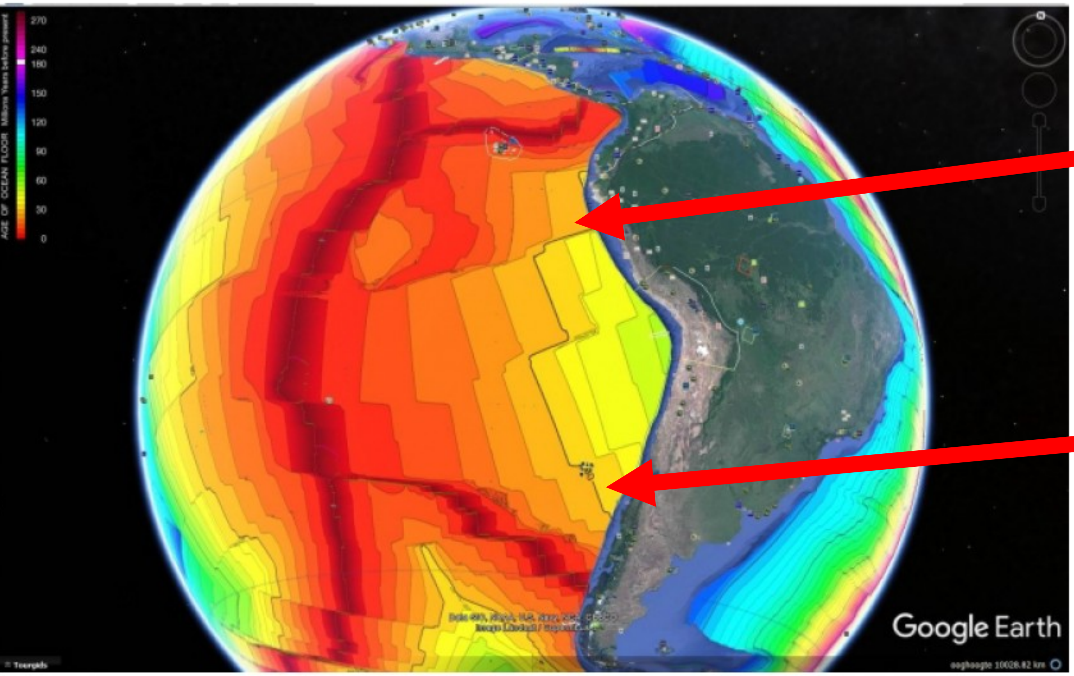
Hoe komt dit?

2. Platen schuiven minder soepel over elkaar heen omdat er weinig sediment in de trog spoelt. Dit komt omdat er weinig erosie is aangezien het een woestijngebied (zonder watererosie) is.

3: Oudere oceanische korst is verder afgekoeld en daardoor zwaarder en duikt gemakkelijker de diepte in. Relatief veel jongere en dus lichtere plaatdelen verschillen in dichtheid te weinig van het gesteente in de mantel. De onderduikende plaat zakt niet echt de diepte in, waardoor de subductie moeizaam verloopt en heel vlak is.

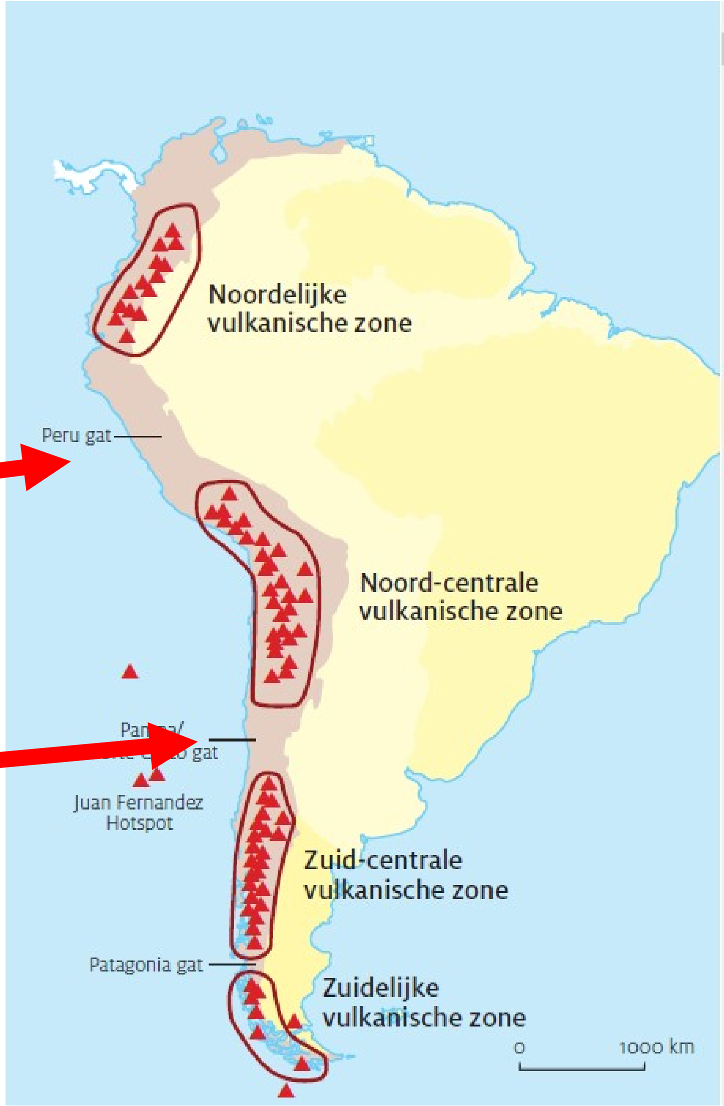
Jonge plaat ←→ vu gap

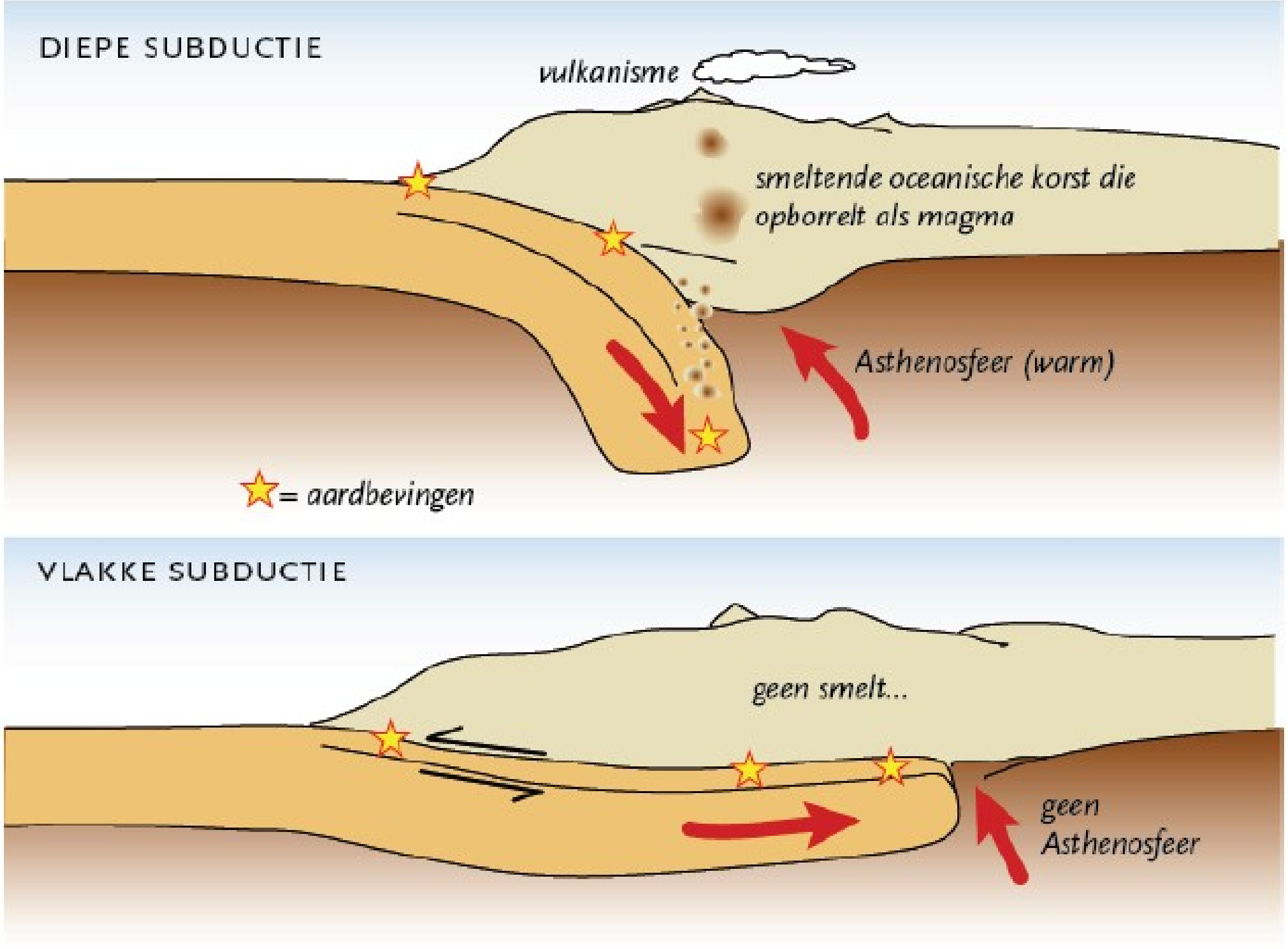
Hoge bergen in een atypische subductiezone | Geografie.nl



BEELD: GOOGLE EARTH

iguur 2: Ouderdom van oceanische korst voor de westkust van Zuid-Amerika in miljoenen jaren geleden





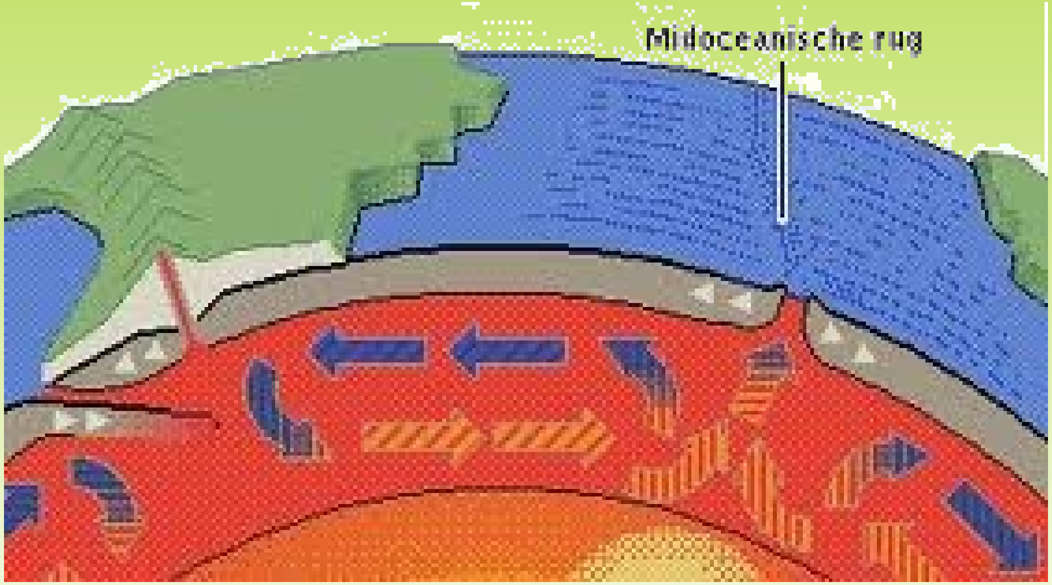
Figuur 3: Geen vulkanisme meer als de plaat 'vlak subduceert'

Volcano Puntiagudo
Volcano Osorno
Volcano Calbuco

Mid Atlantische Rug

De **Mid-Atlantische Rug** of **Midden-Atlantische Rug** is een grotendeels onder water liggende bergketen in de Atlantische Oceaan.

Boven opstijgende convectiestromen worden oceanische platen omhoog geduwd, breken en bewegen van elkaar af



Black smoker

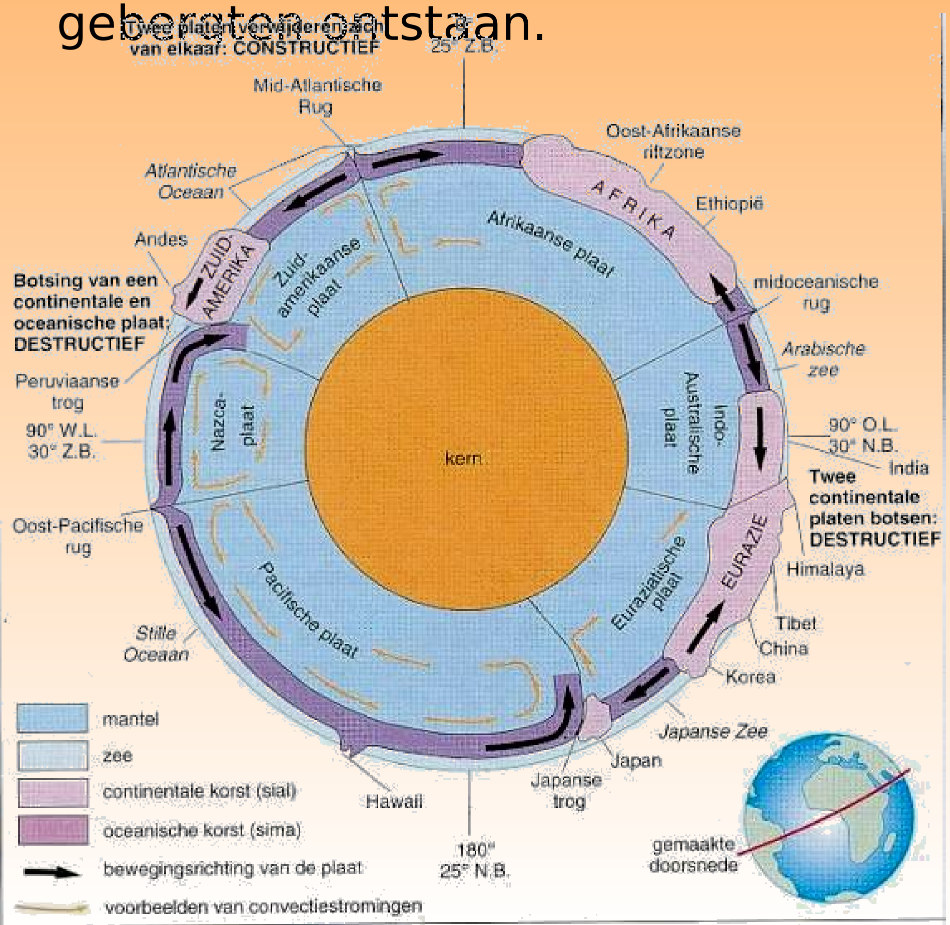
Een **black smoker**, ook wel **vulkanische schoorsteen** genaamd, is een onderzeese hydrothermale bron waar kokendheet water, tot ongeveer 400°C, onder grote druk uit de bodem tevoorschijn komt. Het water is verzadigd met mineralen, daardoor heeft het opspuitende water een zwarte kleur. Door contact met het koude omringende zeewater slaan deze mineralen (onder andere goud, zink, koper en ijzer) neer. Op deze plaatsen vormt de neerslag vaak schoorsteenachtige pijpen van enige meters tot soms enkele tientallen meters hoogte.

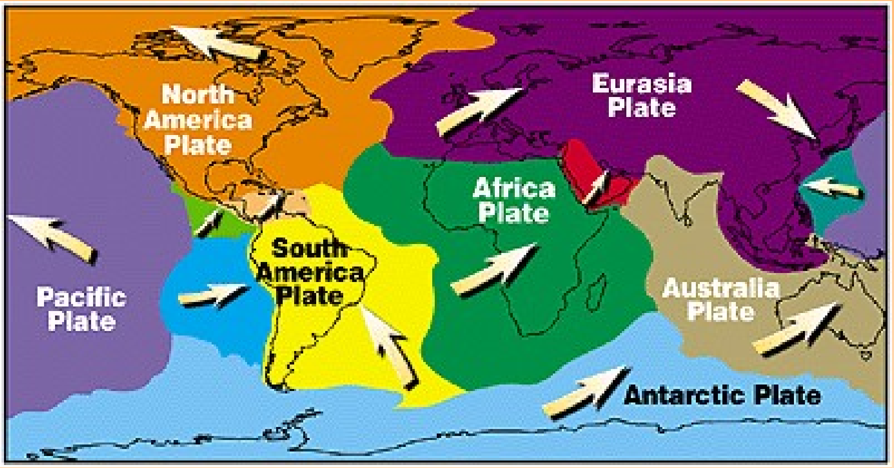
Black smokers

Platentektoniek / contintendrift

Door convectiestromingen breekt de lithosfeer in platen die zich verplaatsen.

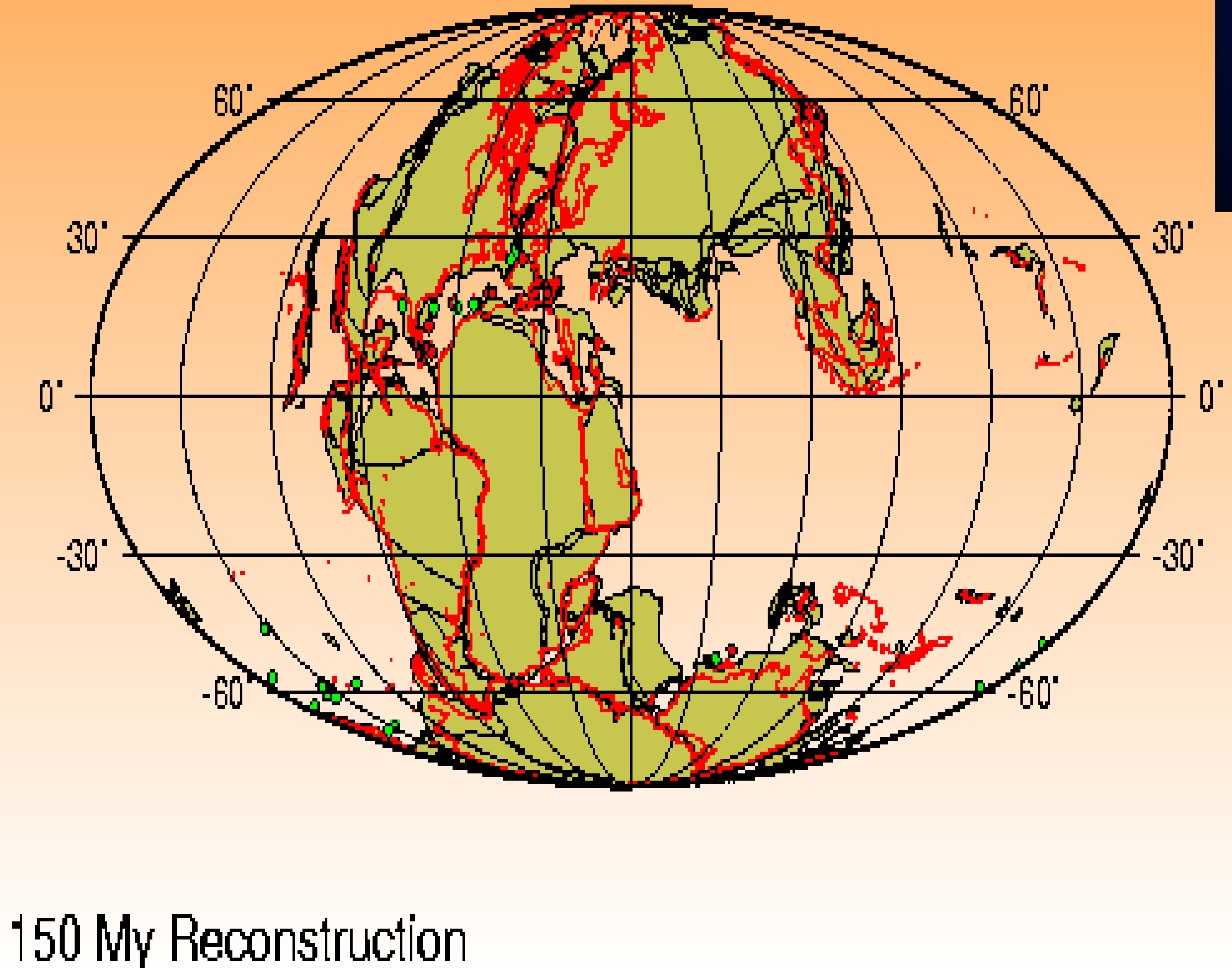
Plaatbewegingen veranderen de aardkorst; vulkanen, aardbevingen en gebergten ontstaan.





Platentektoniek is een systeem van interacties tussen delen van de aardkorst. De beweging en de interactie worden veroorzaakt door de interne hitte van de aarde.

Verleden: platentektoniek / contintendrift

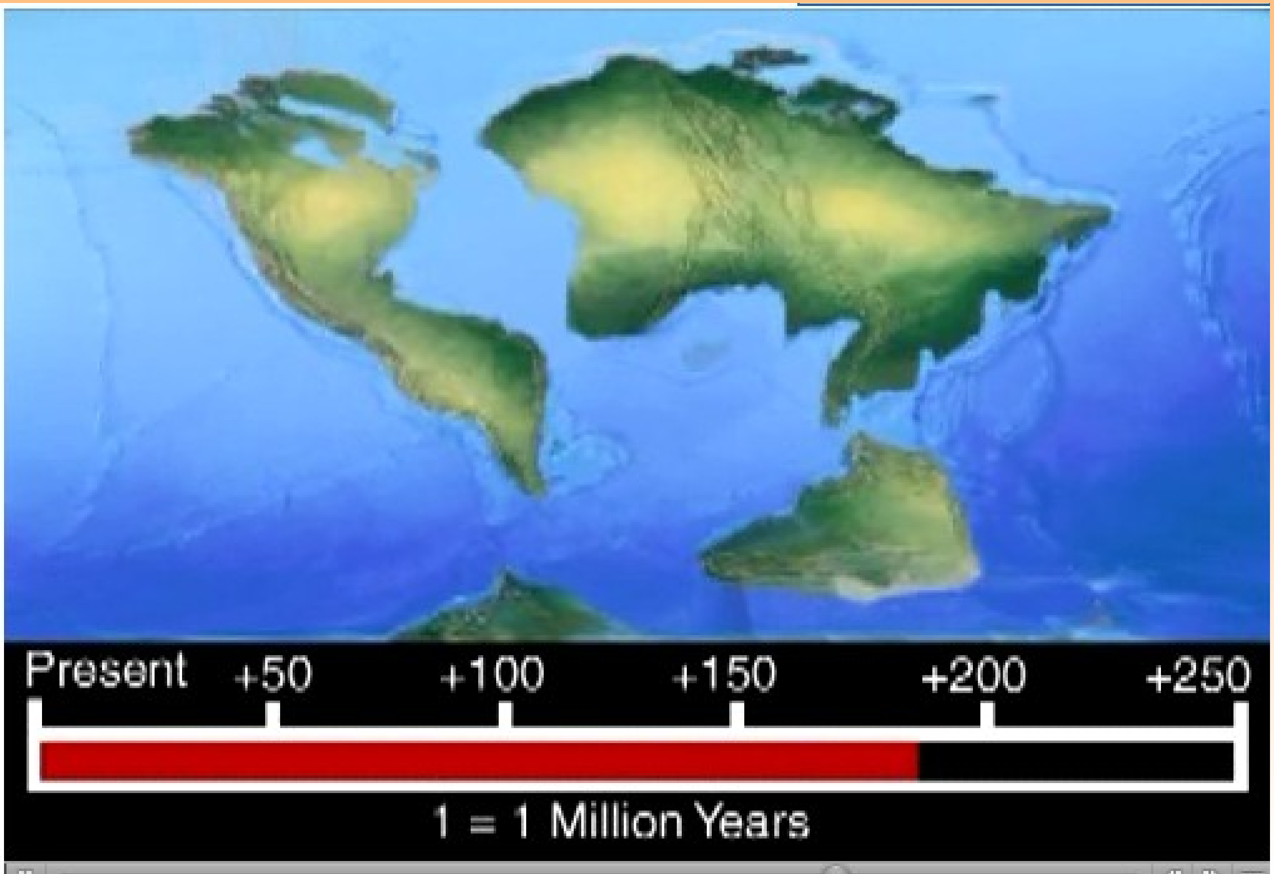


Heden: platentektoniek / contintendrift

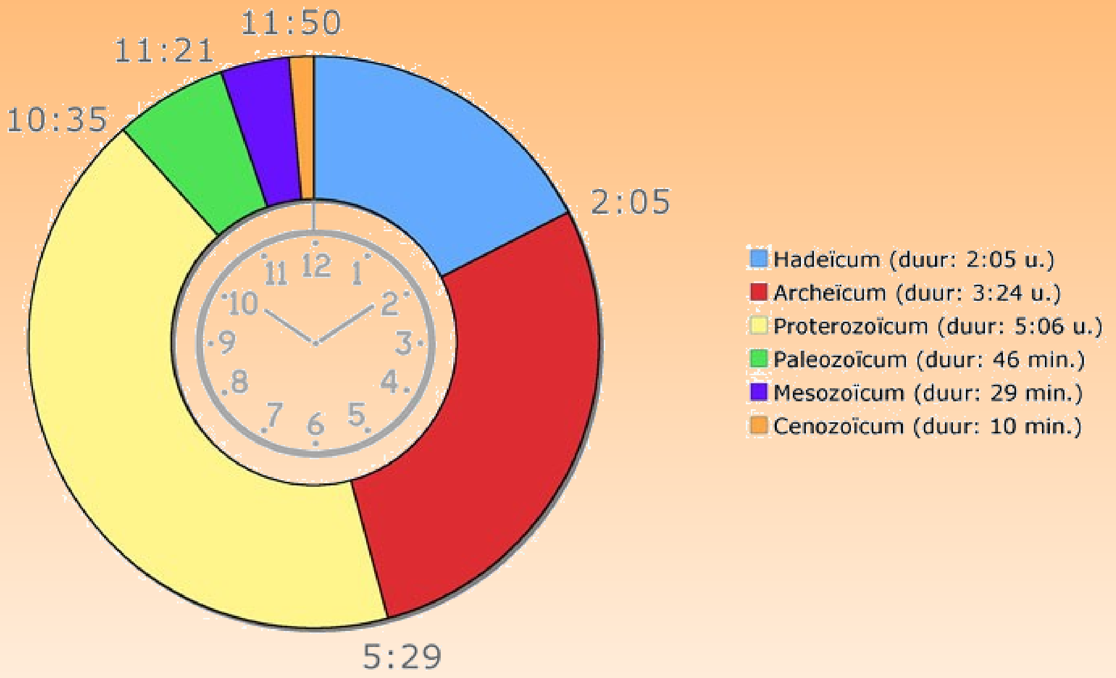
Toekomst: platentektoniek / contintendrift

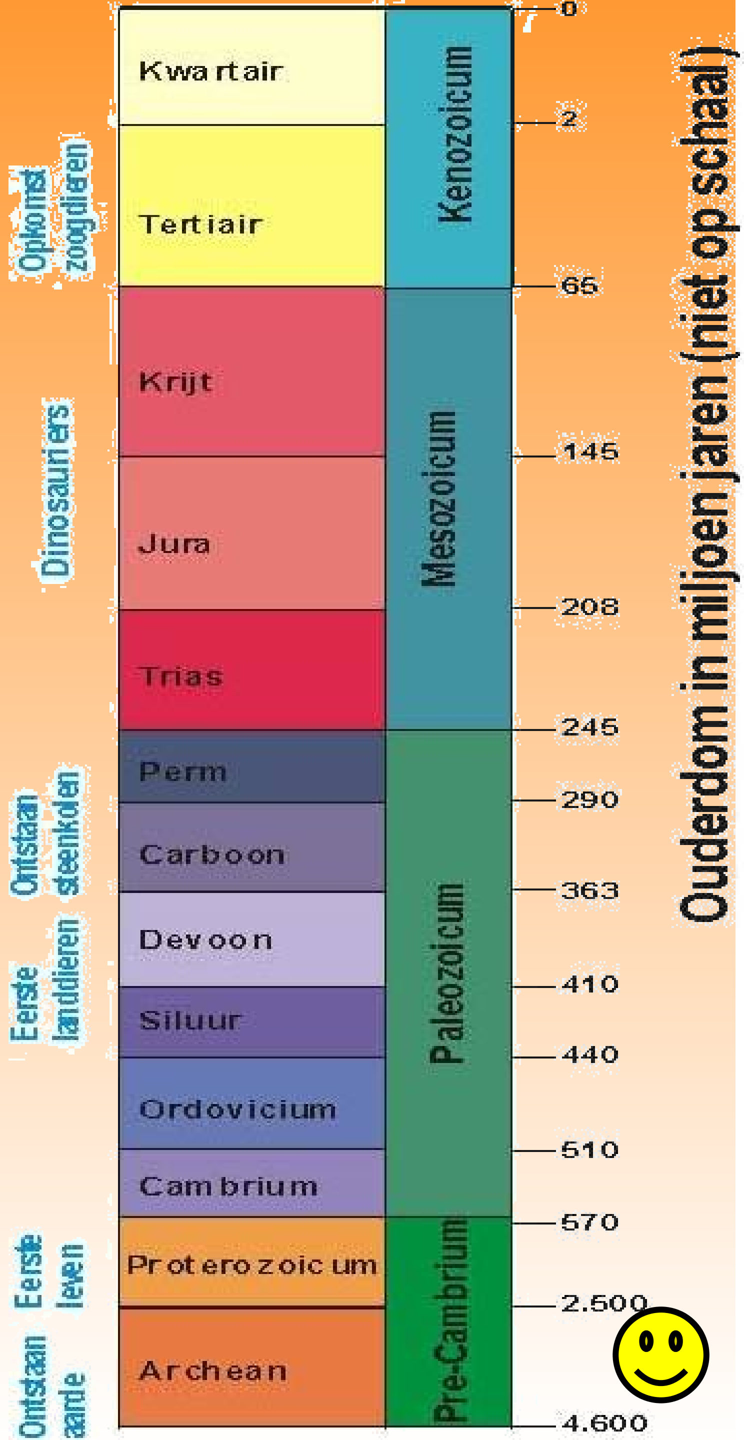
tp://earth.rice.edu/mtpe/geo/geosphere/topics/plate_tectonics/plate_future.mov
tp://earth.rice.edu/earthupdate/geosphere/topics/plate_tectonics/topic_02.html

tps://www.youtube.com/watch?v=hos7w8xrcEs



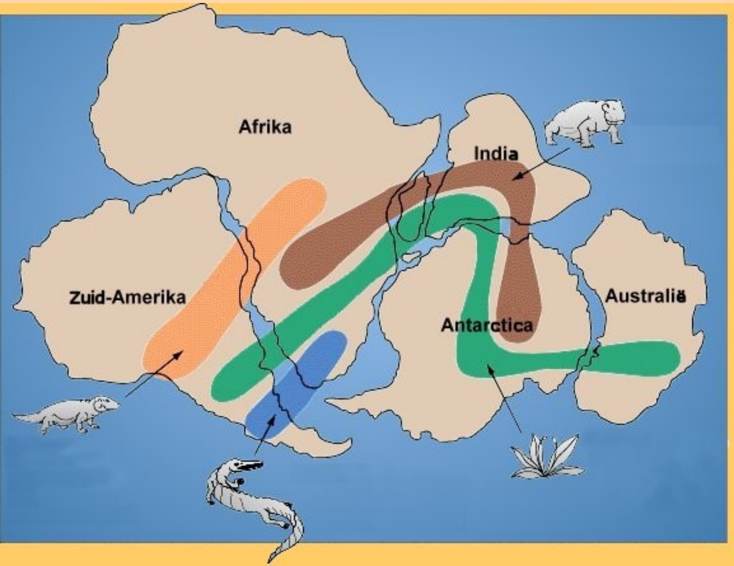
Geologische tijdschaal

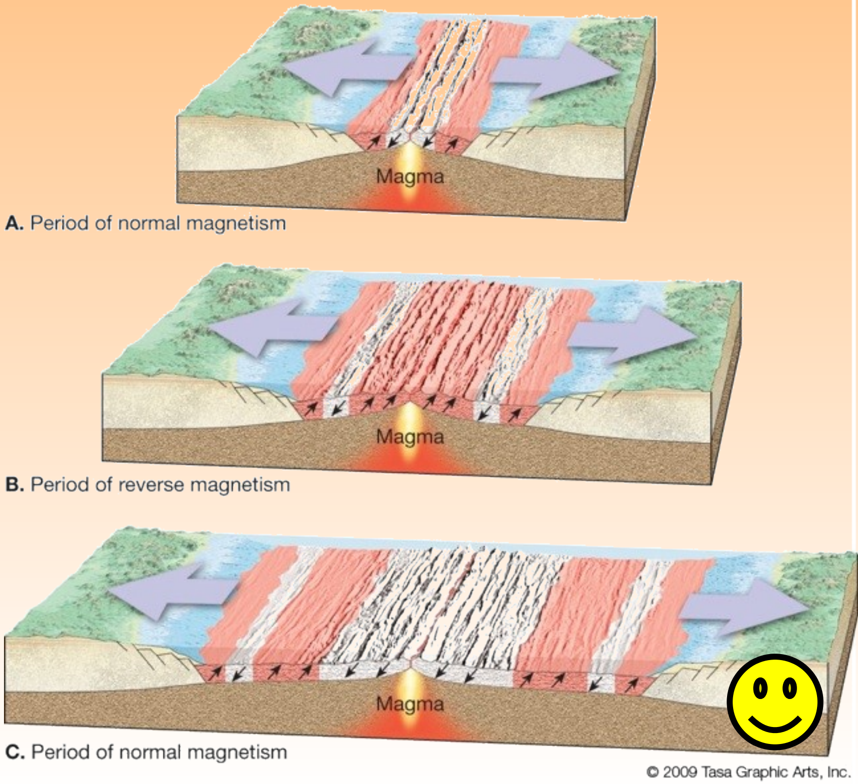




Bewijs platentektoniek

1. Vormen van continenten passen als puzzelstukken in elkaar (Afrika Zuid Amerika).
2. Overeenkomst in vegetatie en gesteenteformaties op (momenteel) uiteengelegen continenten.
3. Satellieten meten bewegingen aardkorstplaten.
4. *(Paleomagnetisme toont aangroeien oceanische korst bij mid-oceanische rug.)*

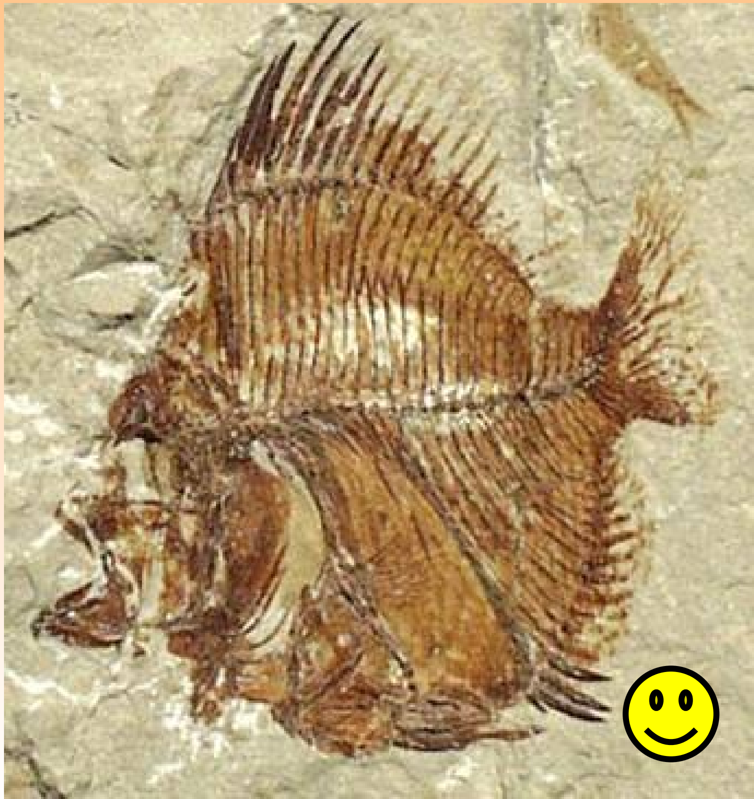




Ouderdomsbepaling

Ouderdomsbepaling met inzicht geven in de onaanswijze van de aarde die ongeveer 4,5 miljard jaar oud is. Vroeger was dit vooral relatieve ouderdomsbepaling

Hoe verklaar je de vondst van deze fossiele vis en deze fossiele schelp in het hooggebergte, kilometers ver van de dichtstbijzijnde zee en enkele kilometers boven zeeniveau?



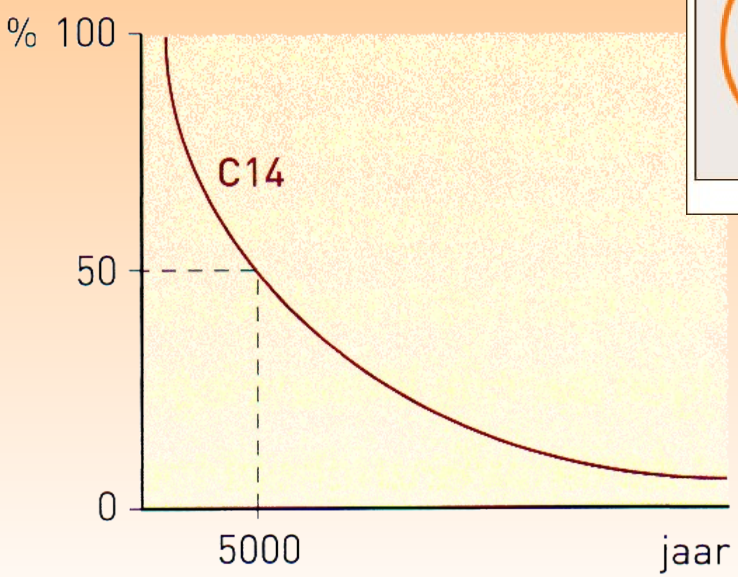
Relatieve ouderdomsbepaling

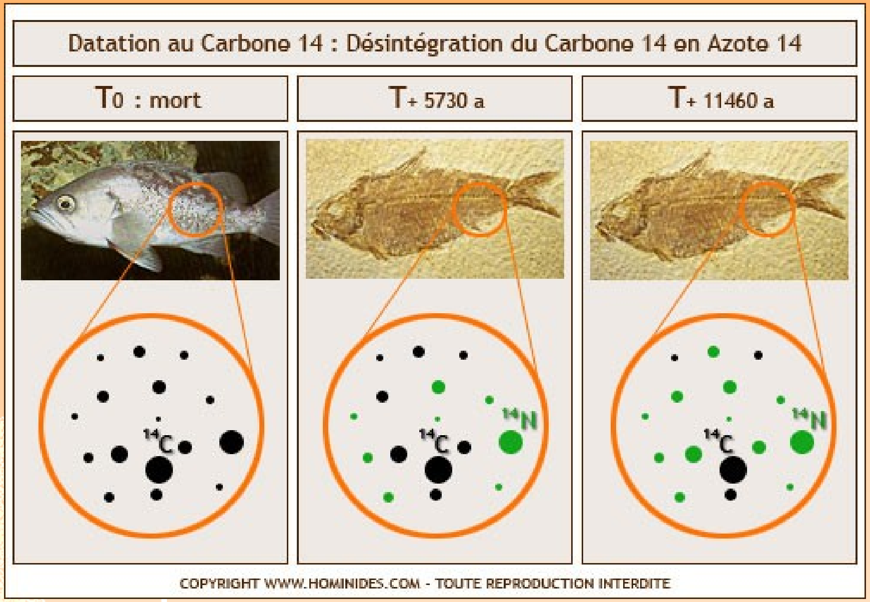
Vergelijking van fossielen van planten en dieren of bestudering van bepaalde verschijnselen als fossiele boomringen.

Absolute ouderdomsbepaling

- Nauwkeurige schatting door natuurlijke radioactiviteit. C14 methode.

Figuur 1.1 De ^{14}C-methode.





14C wordt opgenomen tijdens het leven van mensen, planten en dieren.

Na afsterven volgt radio-actief verval.

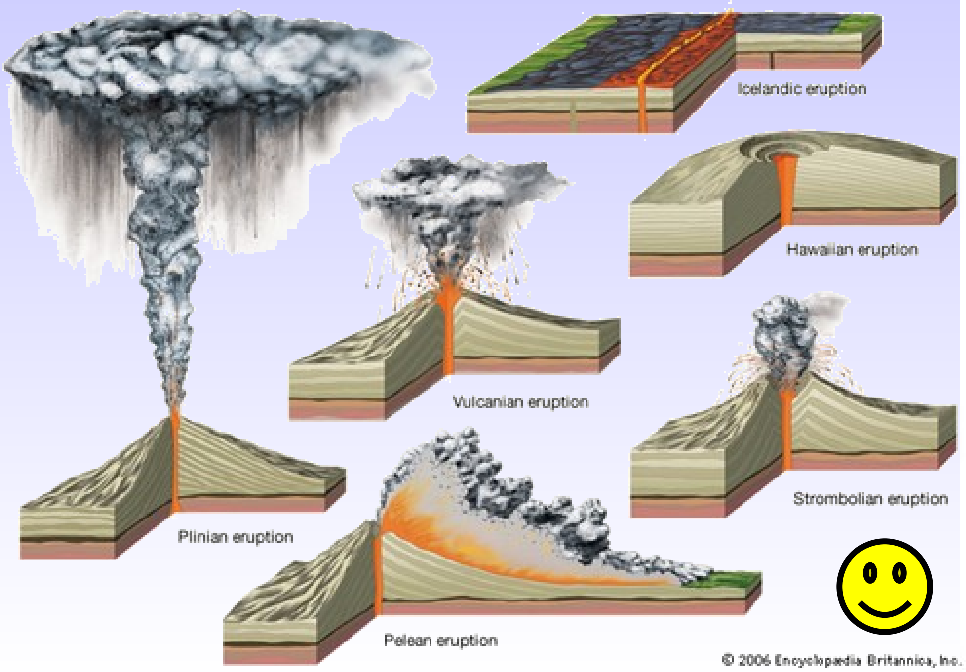
De halfwaardetijd van 14C is 5736 jaar. Na 5736 jaar is de helft van alle C verdwenen. (Let op, het gaat om de helft van de helft van de helft etc).

Na ongeveer 60.000 jaar is alle 14 C verdwenen.

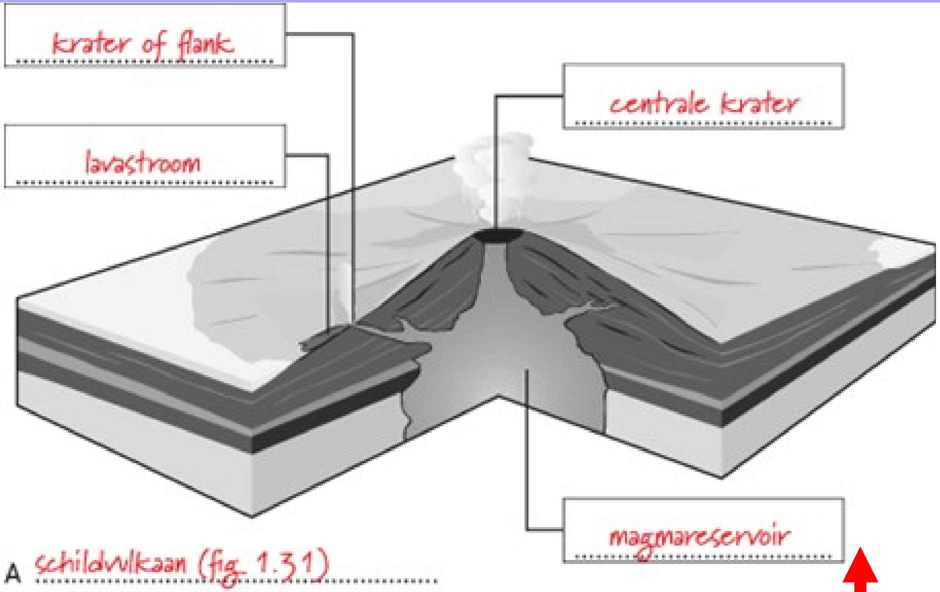
Vulkanisme

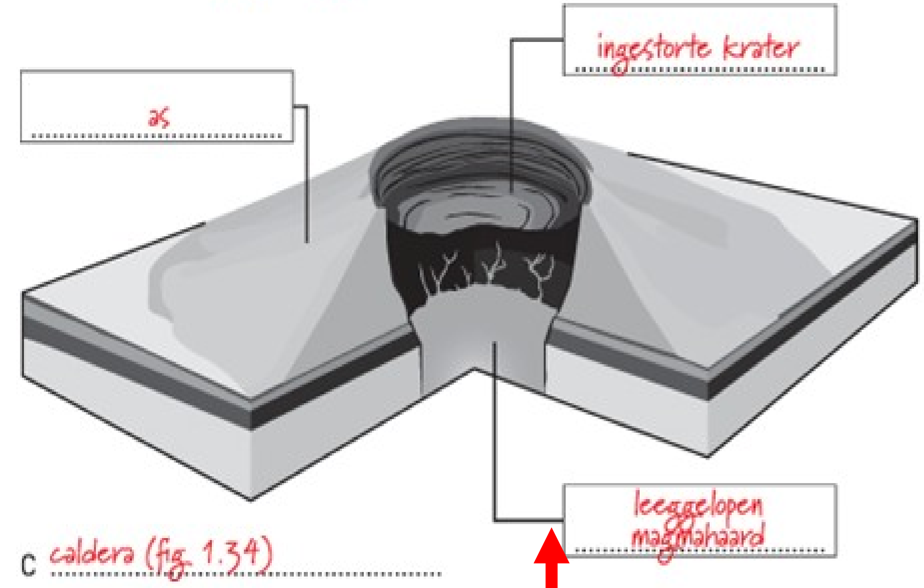
Verschijnselen door uitvloeiing van lava en uistoot van stenen, as en gas door grote druk in aardkorst; bij stratovulkanen.
Magma: vloeibaar gesteente in de aardkorst
Lava: vloeibaar gesteente dat uitstroomt en stolt.
Eruptie uitbarsting

Het eruptietype van een vulkaan weerspiegelt zich in de vorm.



Type vulkanen

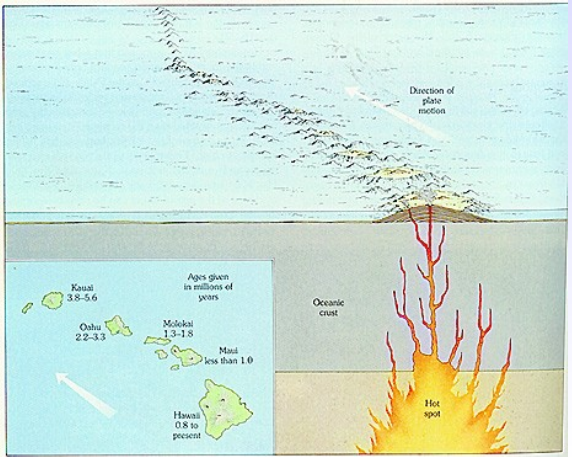


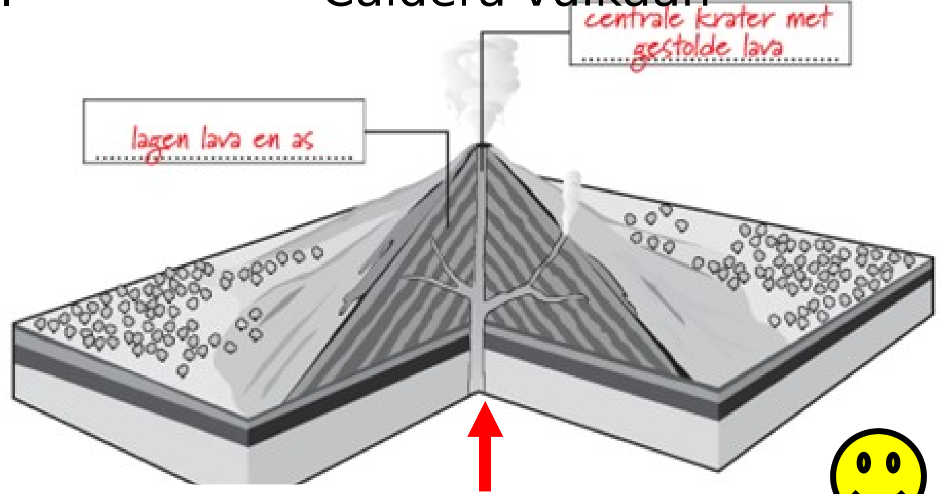


Schildvulkaan, Effusief, Vloeibare lava.

Caldera vulkaan

Hotspot vulkaan (uitzondering)



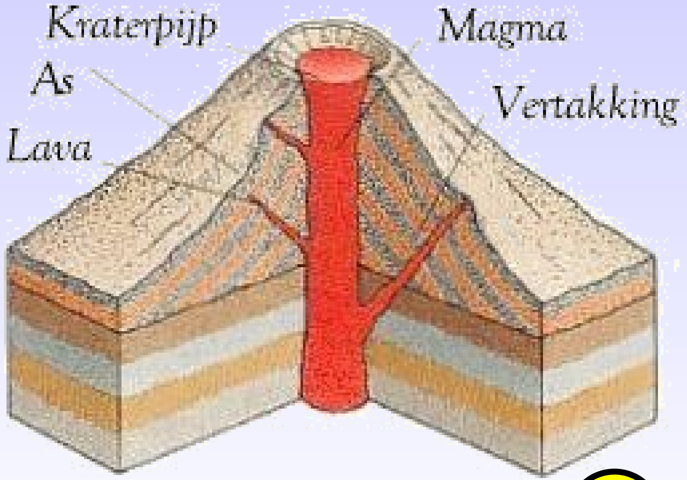


Stratovulkaan, Explosief, Plastische

Stratovulkaan

Hoge steile vulkaan met lagen lava, as en stenen; vooral bij convergente plaatbeweging in subductiezone; vorming van graniet.

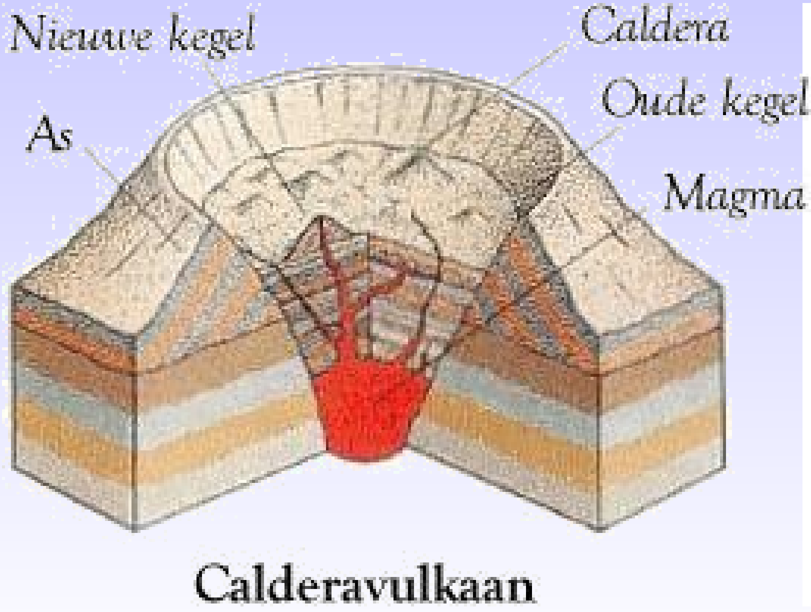
De steile vorm ontstaat doordat de magma taai vloeibaar (plastisch) is. Als een stratovulkaan uitbarst geeft dit een enorme explosie. Vandaar een explosieve vulkaan.



Calderavulkaan

Een calderavulkaan is een oudere vulkaan met aan de bovenkant een grote brede krater.
Deze krater is ontstaan doordat een deel van de vulkaan in de magmakamer (na een vulkaanuitbarsting) is leeggestroomd is ingestort. Vaak vormt zich in de krater van een calderavulkaan een kratermeer. Ook kan door een aanhoudende magmastroom een nieuwe vulkaan in de caldera ontstaan.

Het water in een kratermeer kan allerlei kleuren aannemen, als gevolg van elementen die uit het vulkanische gesteente opgelost worden.



Gebruik atlaskaart 126A.

3p **13** Geef van de vulkaan Vesuvius aan

− welke platen betrokken zijn bij het ontstaan van deze vulkaan;

− welk type plaatbeweging daarbij voorkomt;

− om welke vulkaanvorm het gaat.

Gebruik de bronnen 1 en 2.

2p **14** Beschrijf hoe de Vesuvius is ontstaan uit de Monte Somma.

De Vesuvius is in de negentiende en twintigste eeuw regelmatig actief geweest, voor het laatst in 1944. De erupties werden afgewisseld door rustige periodes.

2p **15** Leg uit waarom vulkanische erupties van de Vesuvius vrijwel altijd

Het ontstaan van een caldera

13 maximumscore 3

- De Apulische plaat/Afrikaanse plaat en de Euraziatische plaat

-Convergentie / subductie

-Stratovulkaan

14 maximumscore 2 Uit de beschrijving moet blijken dat

• een eerdere vulkaan uitbarstte/instortte, waarna de caldera van de Monte Somma ontstond 1

• in de caldera (door hernieuwde toestroom van magma) de vulkaankegel van de Vesuvius ontstond 1

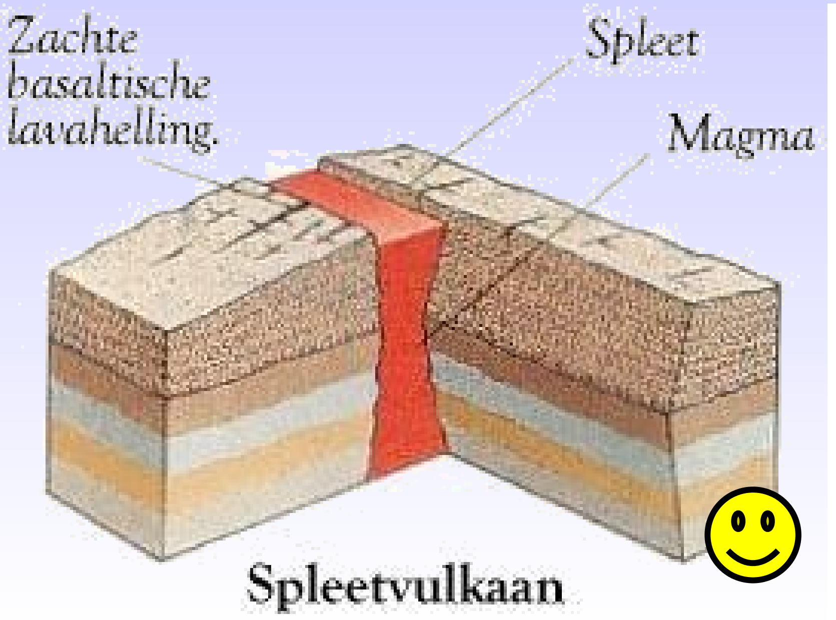
15 maximumscore 2 Uit de uitleg moet blijken dat

• bij een eruptie de magmahaard (geheel of gedeeltelijk) geleegd wordt (oorzaak) 1

• waardoor het een tijd duurt voordat (door toevoer van magma) de druk in de

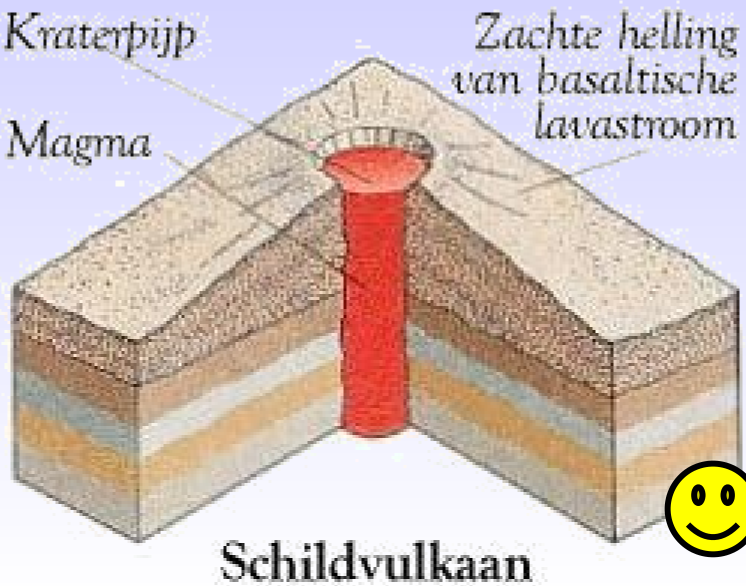
Spleetvulkaan

Uitvloeiing van dun- vloeibaar lava op aantal punten langs een breuk. Als het magma door een scheur in de aardkorst naar buiten stroom, verspreidt de lava zich door de spleet. Er ontstaat dan een spleetvulkaan. Spleetvulkanen ontstaan bij divergente plaatgrenzen. Bij divergente plaatgrenzen bewegen twee tektonische platen uit elkaar. Hierdoor ontstaat er een ruimte tussen de platen, waar zich geen aardkorst bevindt. Uit de spleet die ontstaat bij divergente plaatgrenzen kan magma zonder veel weerstand doordringen tot aan het aardoppervlak.



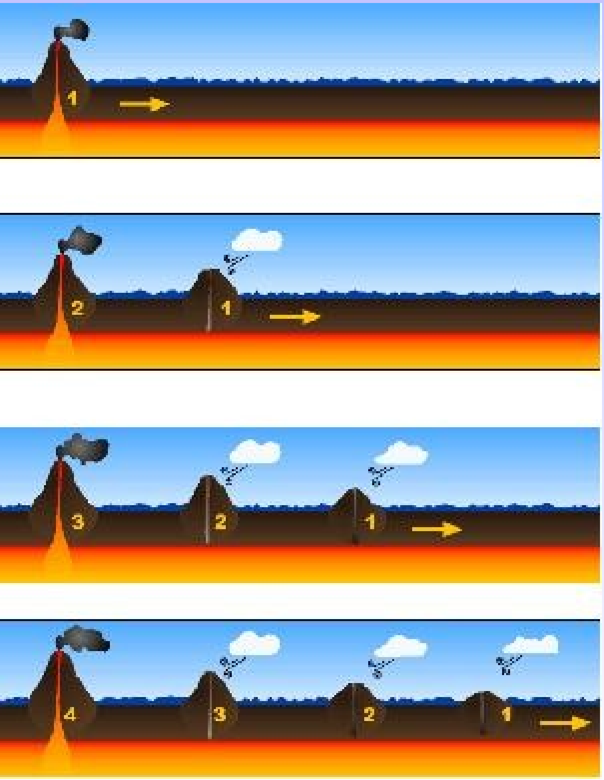
Schildvulkaan

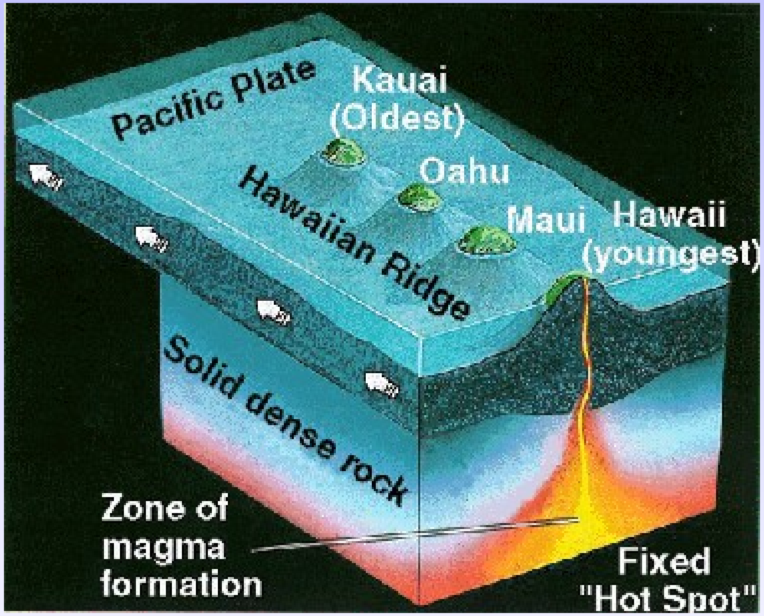
Bij Schildvulkanen is het magma in de magmakamer een dunne en hete vloeistof daarom ontstaan er flauwe hellingen. Hierdoor komen tijdens erupties zelden ontploffingen voor. Daarnaast wordt er weinig as uitgestoten omdat gassen uit het magma kunnen ontsnappen zonder eerst schuim te vormen.



Hotspot vulkaan

Een hotspot ontstaat op een zwakke plek in de aardkorst (meestal oceanisch) De magmahaard blijft op dezelfde plaats alleen de aardkorst erboven verschuift (door de platentektoniek). Zo ontstaat er een langgerekte lijn met eilanden.





Explosieve vulkaan (uitbarstingsvorm 1)

Heftige explosie van lava en uitstoot van stenen, as en gas door grote druk in de aardkorst. Komt alleen voor bij stratovulkanen.

Deze uitbarstingsvorm ontstaat door taaie (plastische) magma. Dit magma is taai doordat het:

1: veel gassen- en

2: veel silicaten bevat.

Effusieve vulkaan (uitbarstingsvorm 2)

Rustige uitvloeiing van dun-vloeibaar lava bij lage druk. Komt voor bij schildvulkanen en spleeterupties

Uitbarstingsvorm

Als er gevraagd wordt naar het type vulkaan vul je in:

Strato-, schild-, caldera-, spleet- of hotspot vulkaan

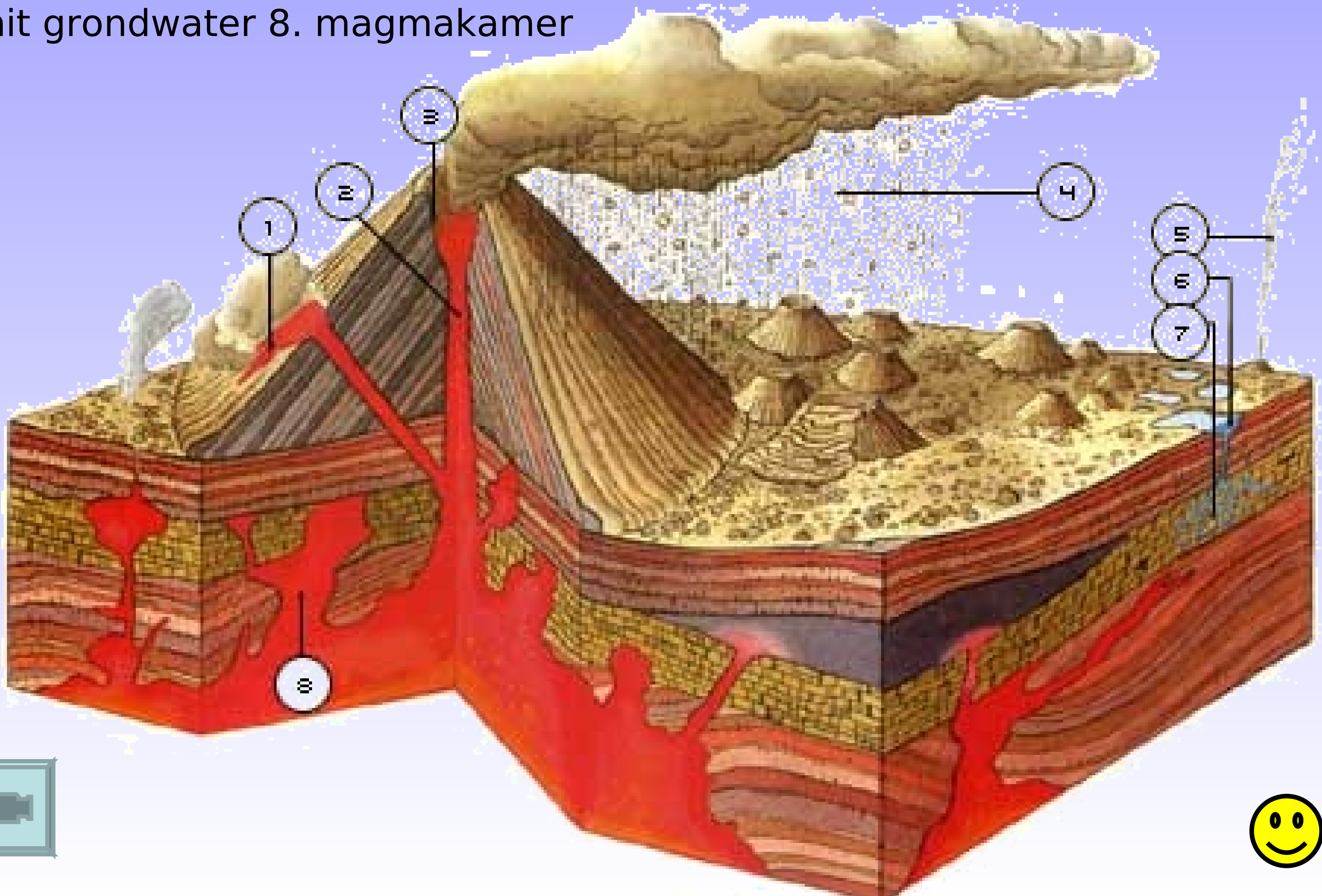
Als er gevraagd wordt naar de uitbarstingsvorm vul je in:

Effusief (vloeibare magma) of **Explosief** (taaie/ plastische magma)

(De magma is taai doordat het veel gassen en silicaten bevat)

Dwarsdoorsnede vulkaan

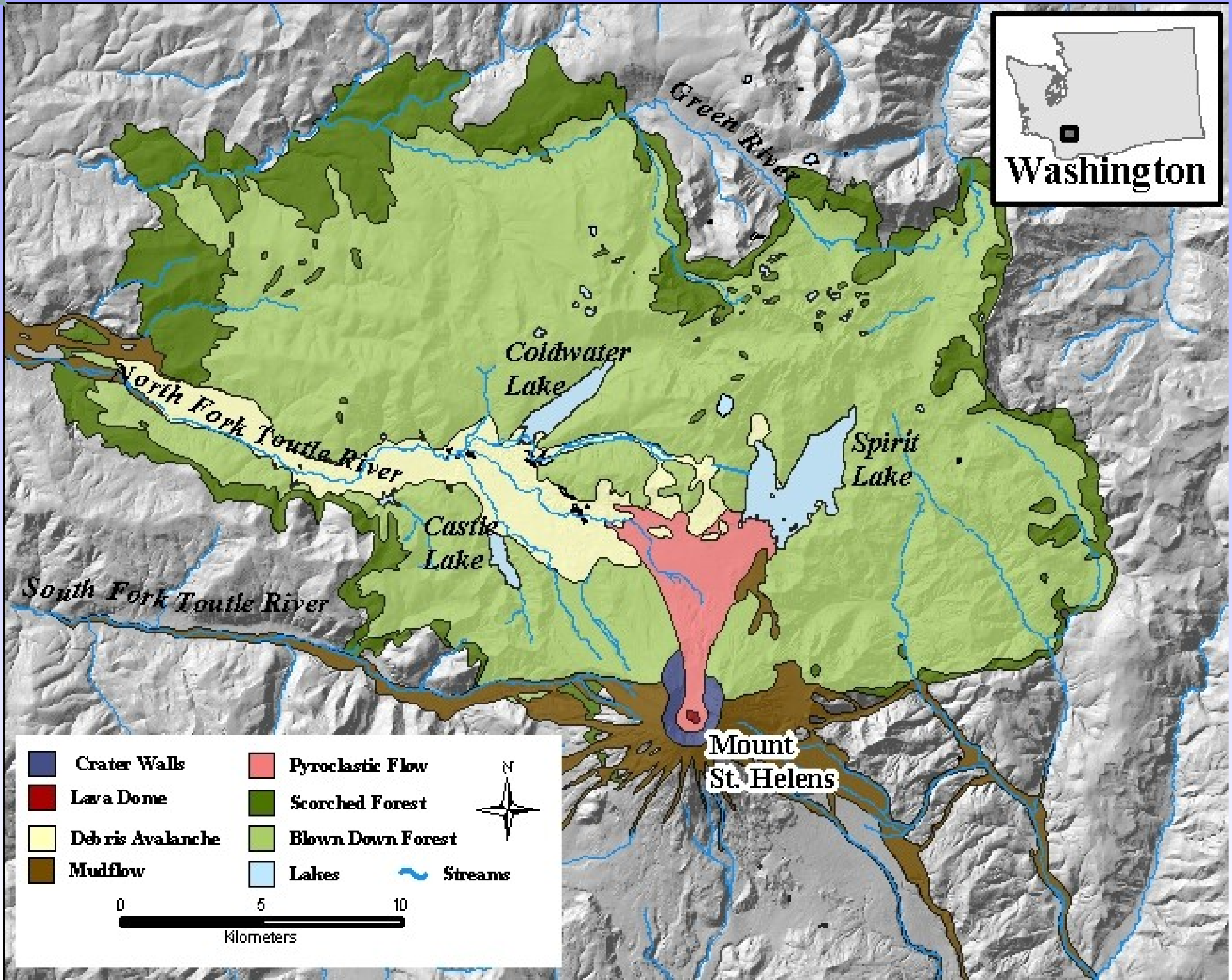
1.lava 2.kraterpijp 3.krater 4.as en stenen 5.geiser 6.warmwaterbron
7.verhit grondwater 8. magmakamer



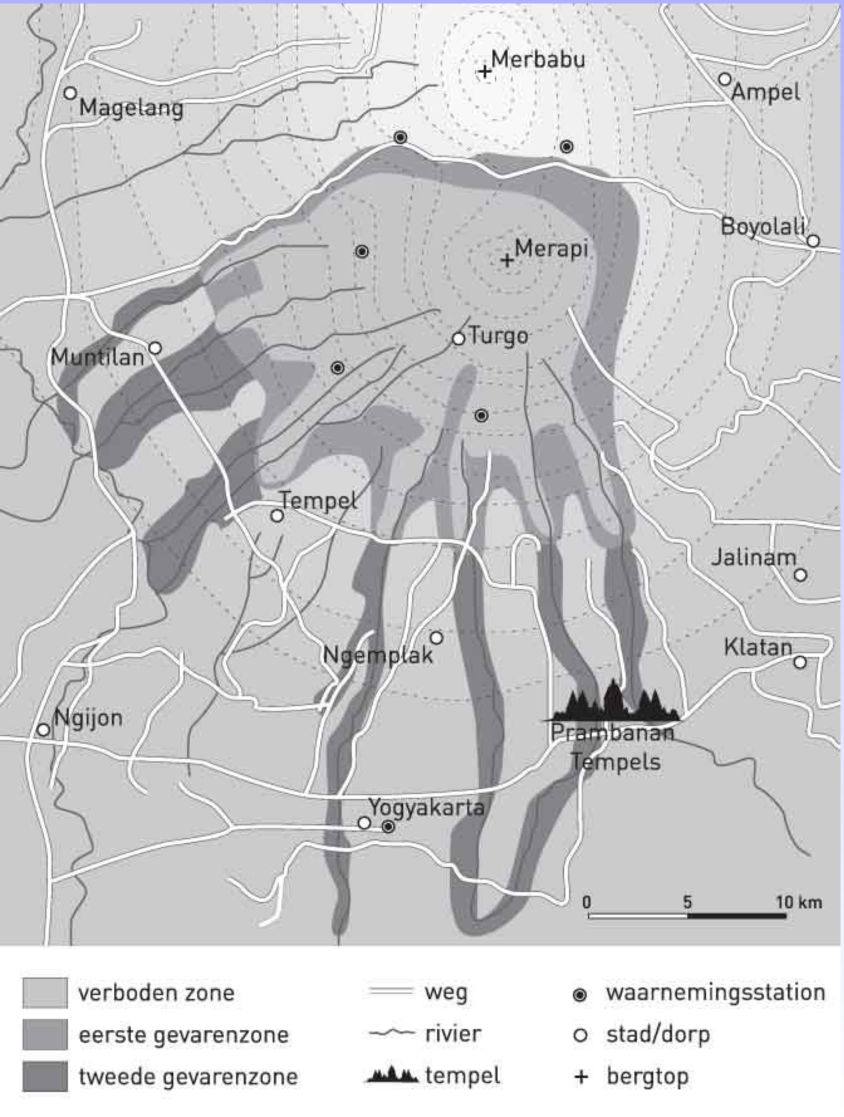
Post vulkanische verschijnselen

Verschijnselen die zich voordoen in gebieden waar vroeger vulkanisme voorkwam. Bijv.: minerale bronnen en geisers.

Gevolgen uitbarsting



Pyroclastische stroom



- Hete gloedwolk van as, gassen, gloeiende steentjes
  - Snelheden tot 150 km/u
  - Temperaturen tussen 100 en 800°C

Lahar

- Modderstroom van vulkanoklastisch materiaal en brokken gesmolten of gestolde lava
- Meestal ontstaan bij een vulkaanuitbarsting
- As en puimsteen op de vulkaanhelling worden vermengd met
  - regenwater van tijdens erupties ontstane wolkbreuken
  - smeltende sneeuw

Vulkaanuitbarstingen waarbij veel as vrijkomt, kunnen in combinatie met grote
hoeveelheden neerslag leiden tot een zeer gevaarlijk verschijnsel.

Aswolk

Gas

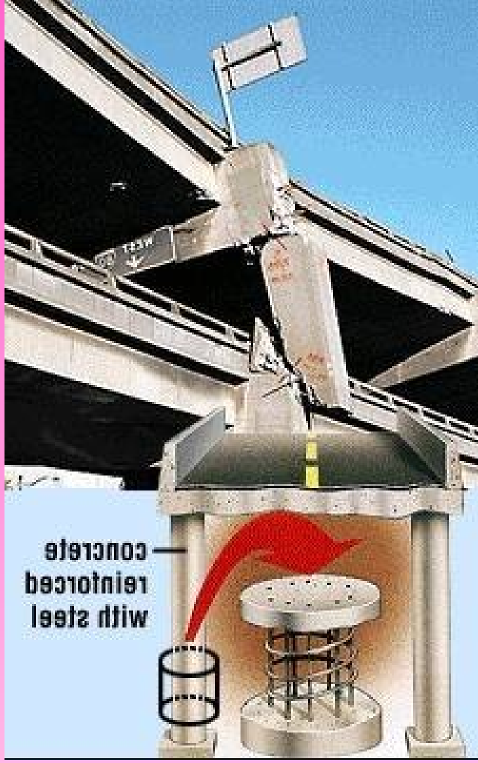
fumarolen

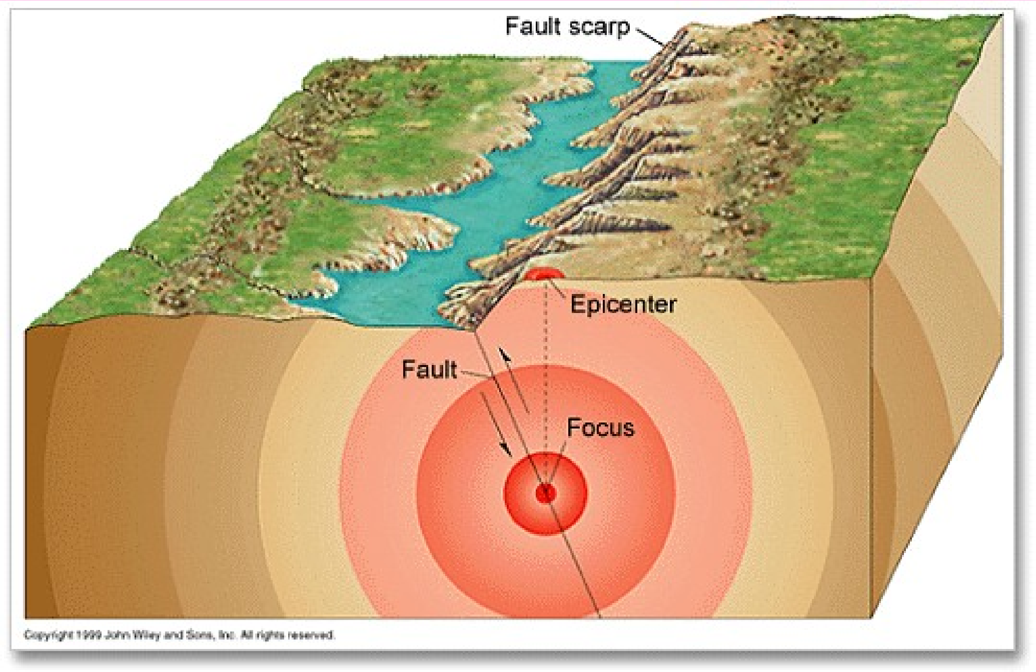
Vulkanisch gas zit opgesloten in magma. Wanneer magma naar de oppervlakte stijgt komt het **gas** vrij omdat de druk op het magma lager wordt. **Gas** ontsnapt uit **breuken** in het aardoppervlak of uit de uitlaat. De ontsnappende **gassen** kunnen helpen fumarolen te vormen. Omdat sommige vulkanische **gassen** giftig zijn kunnen ze mensen doen stikken.

Aardbevingen

Seismische trilling door verschuiving in aardkorst; voelbaar over grote afstand.

Ontstaat door wrijving bij plaatgrens. Wrijving temt de beweging; pas bij hoge spanning treedt verschuiving op.





Zwaare bevingen

➢Chili 1960: zwaarste **aardbeving** ooit
→ 9.5 op de **schaal van Richter**.

•Aardbeving 1960 vond plaats op zeebodem:
→ **tsunami** veroorzaakte de meeste slachtoffers.

•Vaker zware aardbevingen en **naschokken**
in Chili door ontladen spanning.

➢Waarom komen er zulke zware aardbevingen voor in Chili?

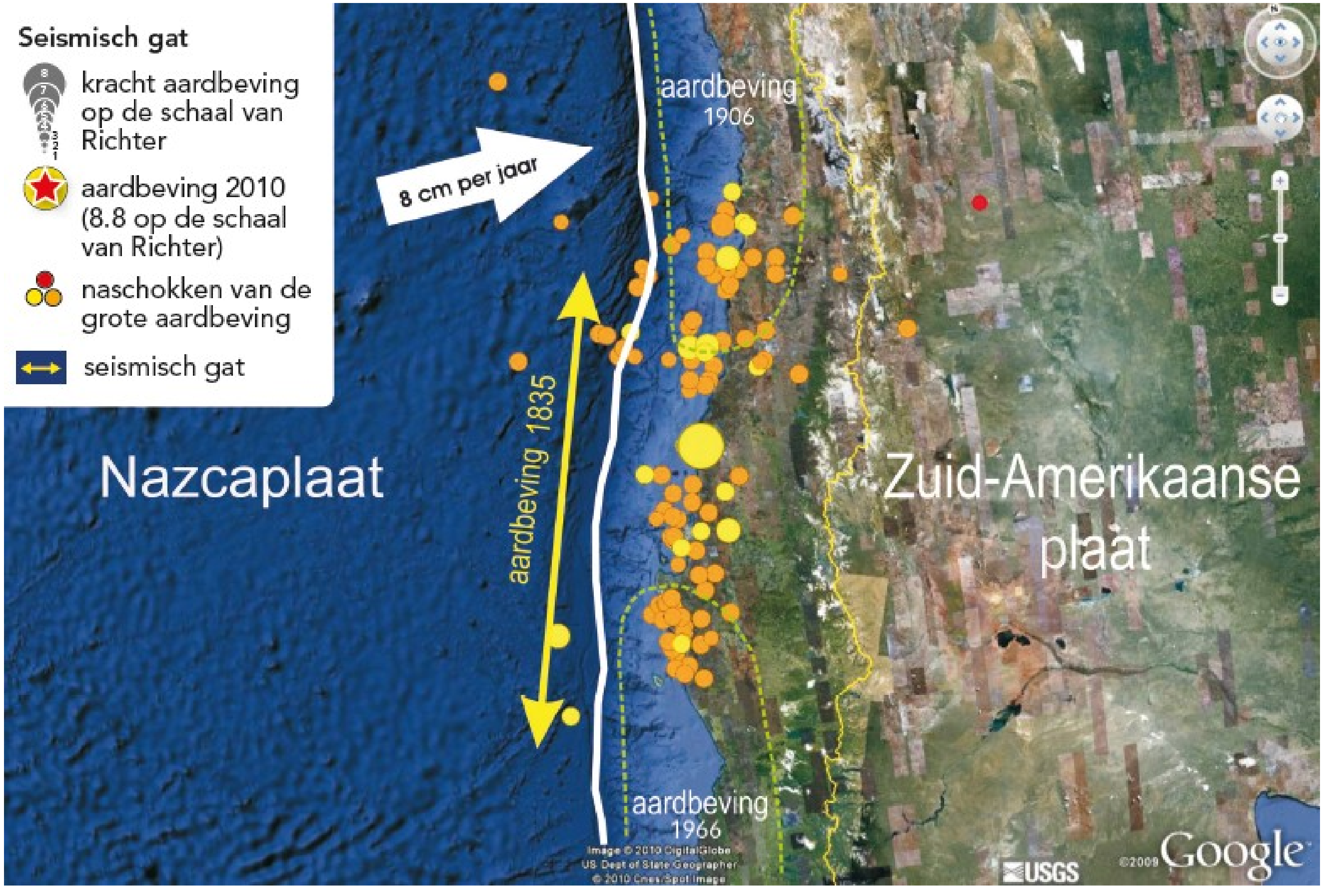
1.De Nazcaplaat botst met de Zuid-Amerikaanse plaat
→ **convergentie**

2.De zware **oceanische plaat** duikt weg
onder de lichte **continentale plaat**
→ **subductie**

3.Als de spanning te groot is geworden:
- oceanische plaat schiet omlaag
- continentale plaat veert omhoog
→ **aardbeving**

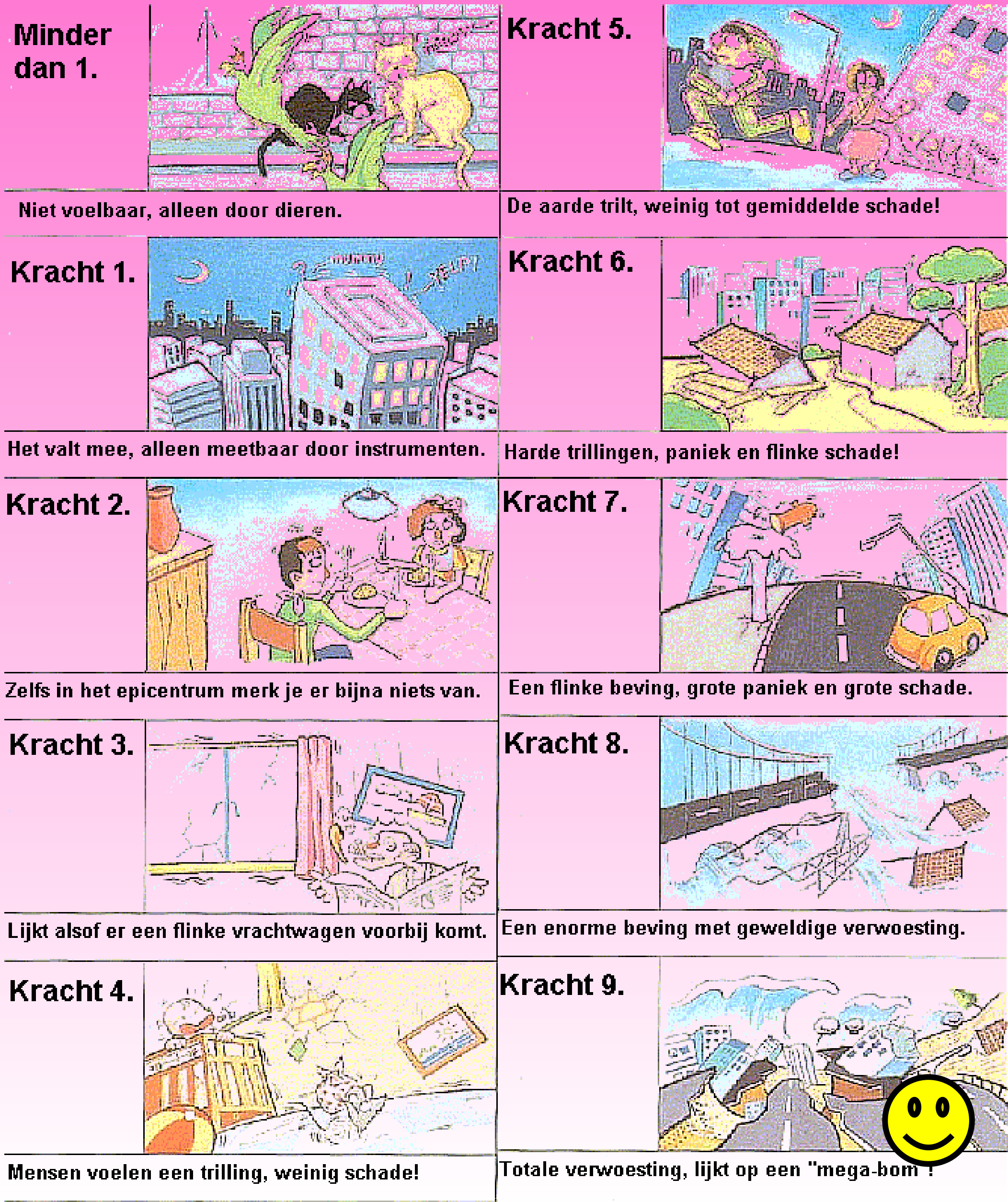
Seismisch gat

- Lange tijd geen bevingen in een gebied:
  → geen ontlading van de spanning
  → zware aardbeving



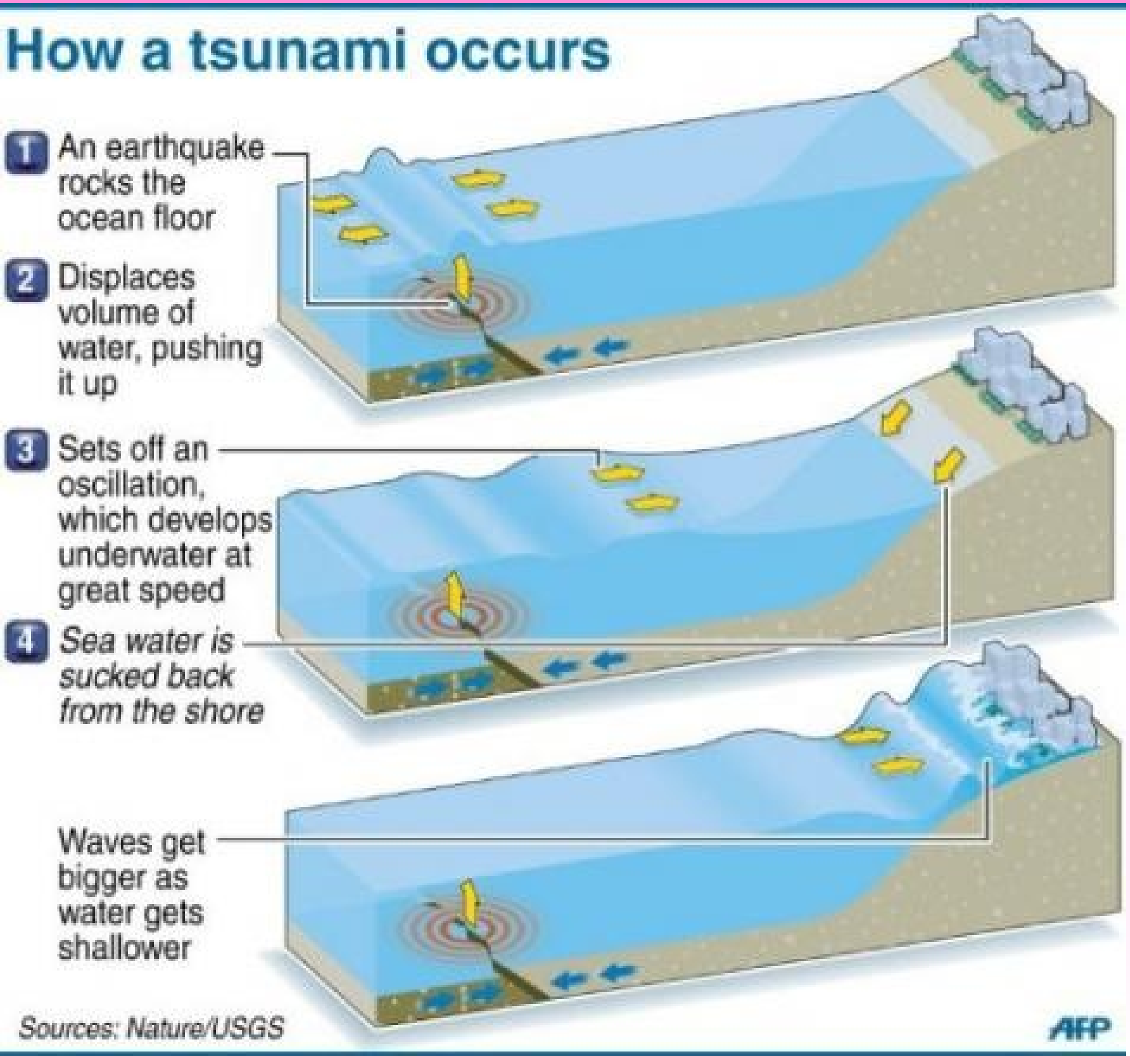
Schaal van Richter

Systeem om kracht aardbevingen aan te geven.



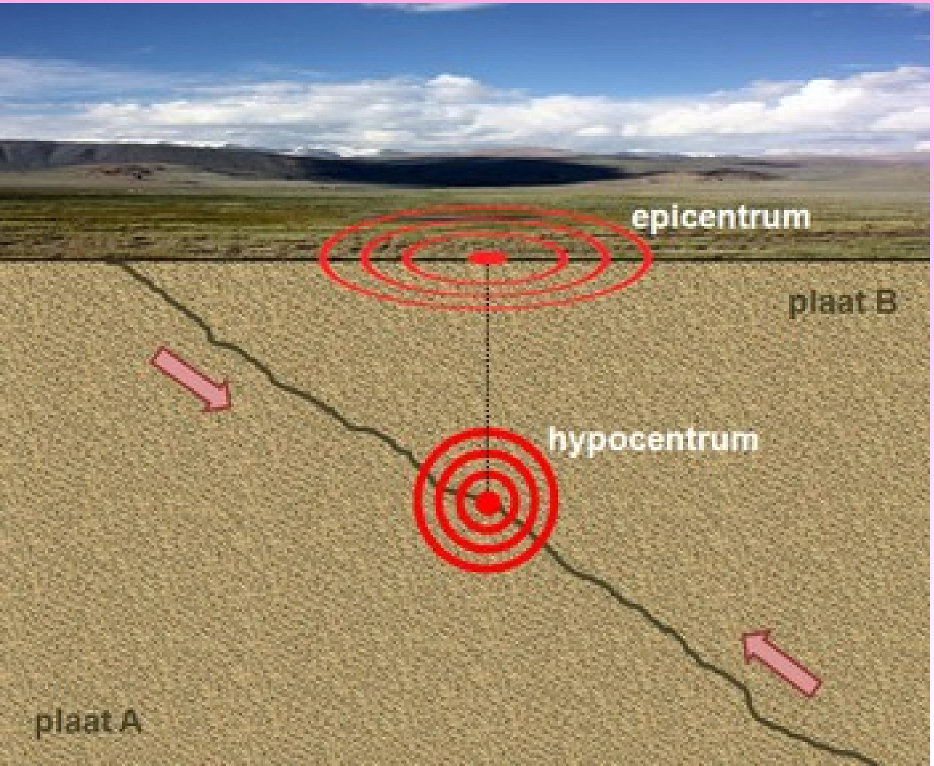
Tsunami

Een tsunami ontstaat door een zeebeving (een aardbeving in de bodem van de zee). Er ontstaat een vloedgolf (tsunami).



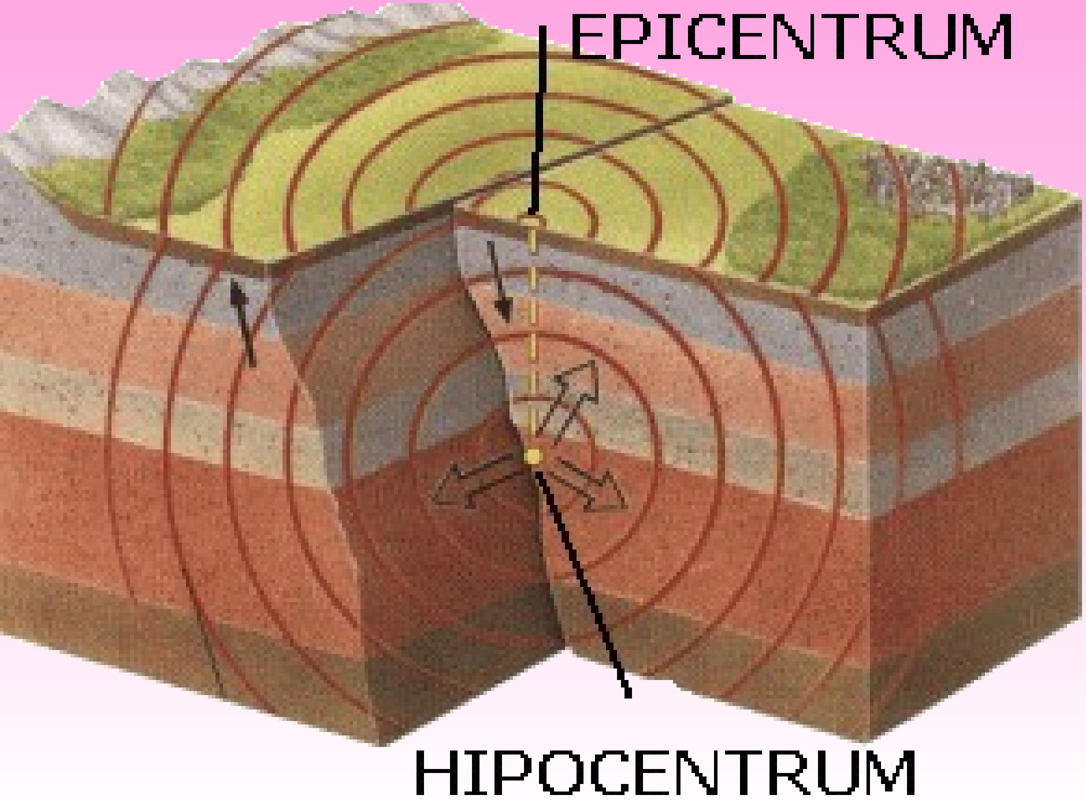
Hypocentrum

De locatie onder de aardkorst tussen twee of meer *tektonische platen*, waar een aardbeving ontstaat. Dit zwaartepunt van de energiedichtheid wordt doorgaans gevormd door een breuk die onder invloed van platentektoniek ge(re)activeerd raakt. Het hypocentrum wordt ook wel haard genoemd. De haarddiepte van een aardbeving kan oplopen tot ca. 700 kilometer**. Hoe dieper het hypocentrum in de bodem zit hoe minder schade deze veroorzaakt aan het aardoppervlak.**



Epicentrum

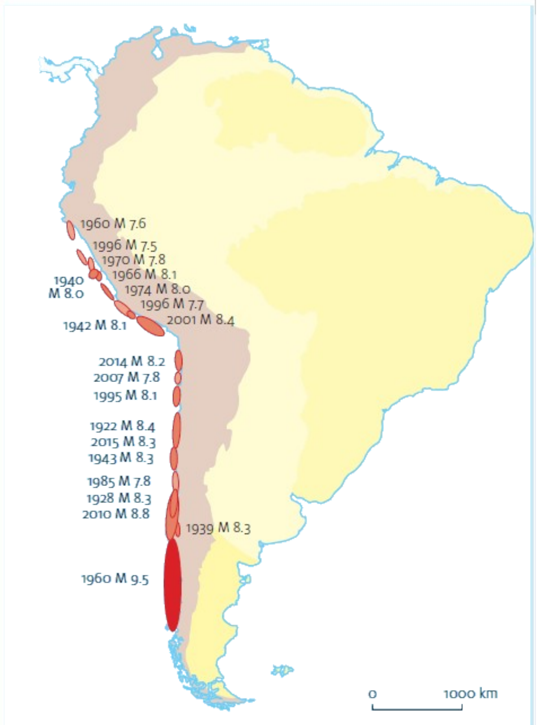
Onder **epicentrum** verstaat men het punt op het aardoppervlak loodrecht boven het hypocentrum (ondergronds) van een aardbeving.
De trillingen van een aardbeving verspreiden zich als uitdijende kringen over het aardoppervlak en het midden van die cirkel wordt aangeduid met *epicentrum*. Aangezien het epicentrum het punt op het aardoppervlak is dat het dichtst bij de haard is, is dit ook het punt waar de aardbevingsgolven het sterkst gevoeld worden en vaak vindt men rond het epicentrum de meeste verwoestingen.

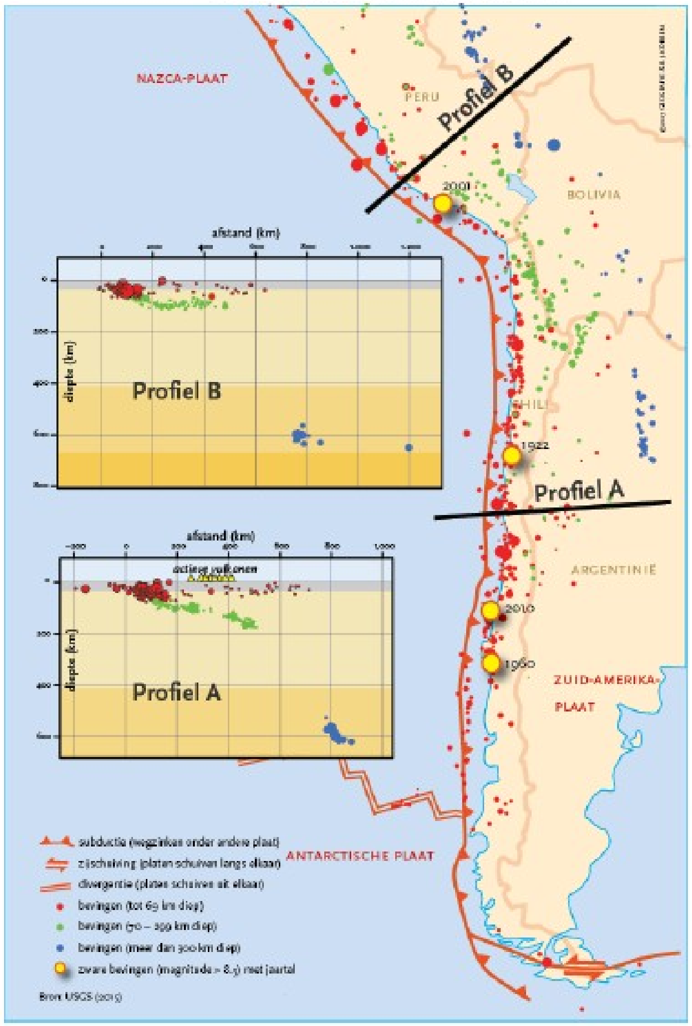


Relatie diepte aardbeving en schade

- Hoe dieper de aardbeving (hypocentrum)

hoe minder de schade aan het aardoppervlak (epicentrum.

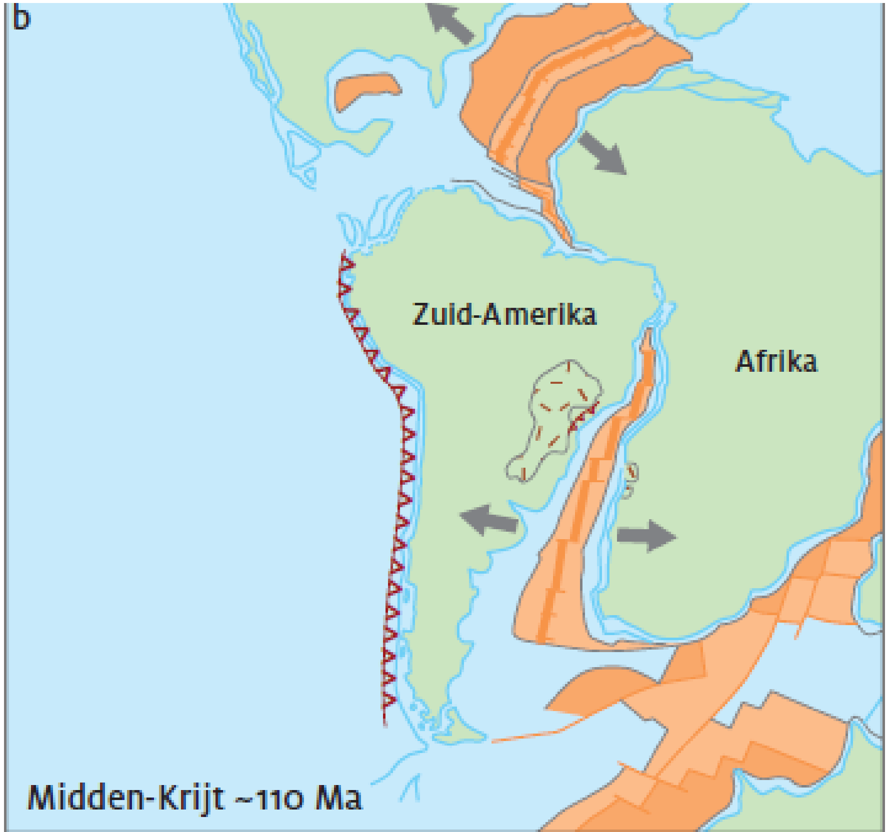




Figuur 1: Zuid-Amerika met profiel A (Noord-Chili-Argentinië) & profiel B (Zuid-Peru)

© 2017 GEOGRAFIE & B.J. KÖBBEN

Op de continentrand zelf komt nu geen tektonische activiteit meer voor. Dat is eerder in de geologische geschiedenis anders geweest, want de continenten Zuid-Amerika en Afrika hebben aan elkaar vast gezeten en vormden met de andere continenten het supercontinent Pangea



Supervulkaan

3.3 **Domein C: Aarde**
subdomein C2: Samenhangen en verschillen op aarde

7. De kandidaat kan met betrekking tot samenhangen en verschillen op aarde:

7a. Natuurlijke verschijnselen aan het aardoppervlak en in de atmosfeer beschrijven, herkennen en verklaren, rekening houdend met verschillende tijd- en ruimteschalen.

Het betreft:

7a 1. de betekenis van endogene krachten voor de vorming van reliëf		
In dit verband kan hij: De endogene krachten die samenhangen met de platentektoniek beschrijven en verklaren.		
Aandachtspunten:	• Platentektoniek is een systeem van interacties tussen delen van de aardkorst. De beweging en de interactie worden veroorzaakt door de interne hitte van de aarde. • Het actualiteitsbeginsel: the present is the key to the past. (Het uitgangspunt dat fysische processen zoals die nu plaatsvinden in het verleden ook zo plaatsvonden). • Plaatbewegingen veranderen de aardkorst: vulkanen, aardbevingen en gebergten ontstaan. • Het eruptietype van een vulkaan weerspiegelt zich in de vorm.	
Belangrijke werkwijzen:	Vergelijken van vulkanische en tektonische verschijnselen en gebieden in ruimte en tijd. Relateren van het eruptietype van een vulkaan aan de positie ten opzichte van de plaatgrenzen. Relateren van landschapsvormen aan de werking van endogene krachten.	
Belangrijke begrippen:	Platentektoniek:	(mid)oceanische rug subductie diepzeetrog lithosfeer convergente plaatgrenzen divergente plaatgrenzen transforme plaatgrenzen convectiestromen hotspot
	Vulkanisme:	stratovulkaan explosieve eruptie caldera schildvulkaan effusieve eruptie
	Aardbevingen:	schaal van Richter tsunami
	Gebergtevorming:	breukgebergten (horsten en slenken) plooiingsgebergten
	Geologische tijdschaal	